



Antene Filare Practice

**Realizarea antenelor filare simple
și eficiente pentru radioamatori**



John D Heys G3BDQ

ANTENE FILARE PRACTICE

MODELE EFICIENTE ÎN UNDE SCURTE
PENTRU RADIOAMATORI

JOHN D. HEYS, G3BDQ



R. S. G. B.

Publicație original editată de R. S. G. B. sub ISBN 0900612878

Pe această cale mulțumim pentru permisiunea de a publica această lucrare în limba română.

Drepturile ediției în limba română aparțin editurii F. Services srl.

Nu este permisă reproducerea în totalitate sau parțială a conținutului acestei lucrări în formă scrisă, stocarea în sisteme sau transmiterea sub orice formă, electronică, mecanică, prin copiere, înregistrare sau alt mod fără acordul scris al editurii.

Traducerea: Leșovici Dumitru - YO4BBH

Consultant: Blujdescu Dumitru - YO3AL

ISBN 973-95041-5-9



CUPRINS

Prefață	5
1. Dipolii în jumătate de lungime de undă $\lambda/2$.	7
Bazele dipolului - Impedanța - Factorul de calitate Q al antenei - Radiația. O antenă dipol practică - Adaptarea - Mărirea lărgimii de bandă a dipolului - Dipoli înclinați - Dipoli verticali - Dipoli monoband și V întors - Dipoli multiband - Dipoli scurtați la jumătate.	
2. Antene alimentate la mijloc cu linii acordate.	16
Linii acordate - Antena dublet de bază - Diagrame de radiație - Două antene în $\lambda/2$ în fază (colineare) - Antena Dublu Zeppelin extinsă - Patru elemente colineare - Antena G5RV - Proiectarea cu programul de calculator ZS6BKW - Câteva considerații practice - Construcția liniei paralele.	
3. Antene „Fir lung” alimentate la capăt.	22
Lungimea conductorului și impedanța - Unele avantaje ale antenelor „long wire” (Fir lung) - Antene „Long wire” practice - Lungimile antenelor Long wire - Folosirea contragreutăților - Contragreutăți din cablu panglică multifilar - Antene Long wire nerezonante - Antena în V nerezonantă - Antena W3EDP - Probleme de instalare a antenei.	
4. Antene buclă de emisie.	28
Dipoli îndoiți - Antene Quad [pătrat] cu perimetrul λ - Antene buclă Delta (triunghi) cu perimetrul λ - Antena semiDelta lucrând cu pământul - Antena dipol îndoit înclinat, cu rezistență de sarcină (T2FD).	
5. Antene Marconi și sisteme de metalizare ale solului.	36
Instalări practice - rezistența de radiație - „Încărcarea” la bază și la vârf - Randamentul - Antena Marconi în $3\lambda/8$ - Antena semidipol îndoit - Antena semidipol îndoit cu 3 conductoare, înclinată Marconi s.a. Antene Marconi puse la pământ - Antena „turlă” - Antena „contrabas” - Sisteme de împământare pentru antene Marconi.	
6. Antene diverse.	46
Antena Windom - Antena multiband VS1AA - Antena în λ alimentată cu coaxial - Antena G8ON - Antene sloper în $\lambda/4$ - Antenă „pătrat orizontal” - Antena „pătrat dublu” - Antenă beam de cameră cu directivitate comutabilă - Antena J-pole - Antene buclă ecranate mici pentru recepție - Amplificator de bandă largă cu zgomot mic - Antena Beverage - Antenă pentru 5 benzi „coadă de pește” - Dipol de bandă largă pe vârful acoperișului - Antene subterane.	
7. Sisteme de adaptare a antenelor.	56
Adaptarea antenei cu fiderul - Linia în $\lambda/2$ - Raportul de unde staționare (RUS) - Indicatoare de RUS - Adaptări de „modă veche” - Adaptor de antenă cu circuit oscilant paralel - Adaptor de antenă pentru fideri paraleli - Adaptor de antenă cu priză capacitivă - Adaptoare de antenă cu schemă în L și π - Adaptor de antenă în T - Adaptor de antenă „Z-match” modificat - Adaptor de antenă cu capacități serie și paralel (SPC) - Adaptarea antenelor Marconi în 1,8 MHz - Circuit suplimentar LC - Adaptoare de antenă comerciale - Alte considerații - Lucruri mărunte.	





PREFAȚĂ

Primul meu contact cu lumea antenelor s-a întâmplat când aveam numai 11 ani. Mă jucam cu jucăria primită cadou de Crăciun, o mică bobină de inducție [numită la noi “bobină Rumkorf”], când accidental am atins una din grătarele de la șemineu. Aparatul de radio era deschis, iar din difuzor a erupt un zgomot neplăcut. Acest lucru, ca și curiozitatea nativă, a făcut posibilă începutul unei vieți entuziaste alături de radio amatorism. În 1939, pe când eram la școală, am construit o antenă directivă cu polarizare verticală având două elemente cu care câteva veri am încercat să recepționez pe 56 MHz o stație de la Mount Snowdon care transmitea din acel amplasament.

Antenele filare m-au fascinat mereu, iar în toți anii de la autorizarea mea din 1946 am construit și experimentat sute de variante. Pe benzile de unde scurte am folosit numai antene filare și mi-am dat seama că pot fi la fel de eficiente ca multe antene pe trei benzi fabricate de diferite societăți, dar fără a fi nevoit să folosesc piloni scumpi.

Această carte a fost scrisă de un om care nu are afinități de matematician și ale cărui cunoștințe nu au necesitat studii superioare. Aceasta, precum se va vedea, permite oricui care trece de examenul de obținerea certificatului de radioamator, să poată aborda construirea și ridicarea unei antene descrise și ilustrată în carte. Veți găsi date suplimentare pentru a experimenta și testa diferite variante, pentru alte benzi sau pentru situații dificile. Cred că o modalitate mai simplă pentru a înțelege teoriile despre antene nu există, decât a pune pe noii veniți în rândul nostru, a radioamatorilor, să învețe cum niște simple fire pot fi folosite pe gama de unde scurte.

Progresul tehnic din ultimii 20 de ani a făcut ca la construcțiile de “casă” a transceiverelor să devină inexistente. Fabricarea lor este monopolizată de firmele specializate. Rar se mai încumetă cineva azi la construcții în acest domeniu. Aceasta ne obligă să achiziționăm una sau mai multe “cutii negre” care se află pe piață. Una din puținele locuri unde se mai poate face ceva cu mâna proprie este cea a construirii antenelor, unde cu câteva kg de fire metalice (sârme), izolatori, un suport, ce poate fi chiar un copac, este posibil de a pregăti și ridica o antenă practică și care radiază eficient.

Vă doresc un câmp plin cu antene bune!

John D Heys, G3BDQ





Dipolii în jumătate de lungime de undă ($\lambda/2$)

Dipolii în $\lambda/2$ pot fi urmăriți în timp până la experiențele de succes făcute de Heinrich Hertz în anii 1880. Hertz a inventat un radiator de unde radio alimentat la mijloc; format din două plăci metalice dreptunghiulare separate de un interval pentru scânteiere, care se poate energiza prin descărcarea unui condensator (butelie de Leyda) sau o bobină de inducție. Dispozitivul de recepție era o simplă buclă din sârmă care avea de asemenea un mic spațiu între capete. Această buclă era un circuit acordat care dacă rezona pe frecvența „emițătorului”, producea scântei între capete, când se afla aproape și în același plan cu cele două plăci radiante.

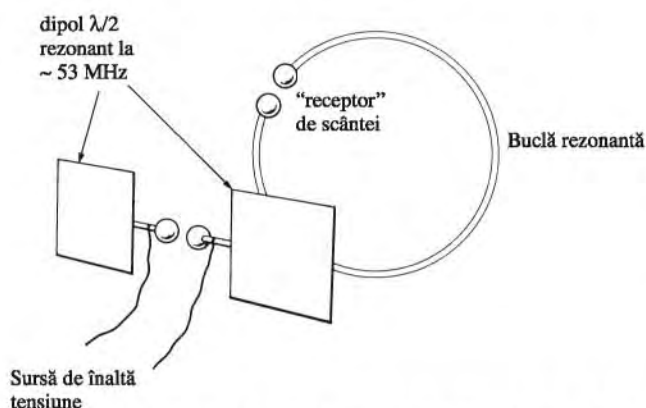


Fig. 1: Schiță simplificată a emițătorului și receptorului lui Hertz. Cu acest aparat Hertz a demonstrat că undele electromagnetice pot fi produse, iar lungimea lor de undă poate fi determinată. El a arătat de asemenea că ele sunt polarizate, refractate și reflectate. „Emițătorul” lui era un dipol „încărcat” la capete.

Fig. 1 reprezintă montajul lui Hertz pentru experiențele lui privind undele electromagnetice. Lungimea de undă a transmisiunilor lui era în mare măsură hotărâtă de lungimea „antenei” de emisie și de suprafața plăcilor, care constituiau „încărcări” capacitive la capete. Folosind plăcile metalice lărgimea de bandă se mărea, făcând mai puțin critic acordul buclei de recepție. Dimensiunile echipamentului lui Hertz corespund unor unde ultrascurte.

Prosperele ulterioare de succes în comunicațiile fără fir realizate de Marconi și alții utilizau undele lungi, deci nu este surprinzător că ideea antenei rezonante a lui Hertz nu a mai fost cercetată până în 1920. O antenă în $\lambda/2$ era nepractică la lungimi de undă de mii de metri. Antene tip Hertz ar fi fost prea mari chiar și la lungimea de undă de cca 200m care fusese alocată amatorilor în deceniul 1920. În Anglia erau interzise antenele mai lungi de 30m, ceea ce împiedica dezvoltarea antenelor rezonante Hertz.

Realizările spectaculoase ale amatorilor în iarna 1923-1924 și după aceea, posibile datorită folosirii unor unde mai scurte (90-100m), au fost urmate rapid de reducerea lungimilor de undă. În noile benzi, de 40 și 20m alocate amatorilor a început o activitate intensă și atunci antenele rezonante în $\lambda/2$ au devenit practice. Amatorii au abandonat curând antenele multifilare cu contragreutăți montate la câțiva metri deasupra solului.

Antenele în $\lambda/2$ folosite de majoritatea amatorilor în deceniul 1930 erau deseori antene „Zeppelin” alimentate la

un capăt sau la centru cu linii paralele, sau cu linii monofilare concepute de Bill Everitt și John Byrne de la Universitatea Ohio. Ultimul tip de antenă a devenit populară sub numele „Windom”, după publicarea ei de radioamatorul american Loren Windom, 8GZ. Alimentarea antenei în $\lambda/2$ la centru cu fider de impedanță mică avea să aștepte crearea unui fider convenabil.

Unii amatori foloseau cablu bifilar răsucit pentru instalația de iluminat, departe de a fi satisfăcător datorită izolației de bumbac și cauciuc, care se degrada rapid. Chiar când era nou și uscat el avea impedanța caracteristică de 120Ω sau mai mult, adaptarea cu dipolul în $\lambda/2$ fiind nesatisfăcătoare. De abia în anii de dinaintea celui de-al doilea război mondial a fost disponibil un fider bifilar cu impedanța de 75Ω . În același timp pentru tânăra industrie a televiziunii a apărut cablul ecranat de impedanță mică, numit în prezent coaxial.

Introducerea fiderilor de joasă impedanță a permis răspândirea „calului universal de muncă” - dipolul în $\lambda/2$. În prezent antena dipol în $\lambda/2$ a devenit standardul cu care se compară alte sisteme radiante și a rămas probabil cea mai eficientă și simplă antenă monoband, care asigură performanțe bune chiar în situații departe de cele ideale.

1.1. Bazele dipolului

Un conductor care rezonază în $\lambda/2$ este ceva mai scurt fizic decât $\lambda/2$. Energia RF călătorește în spațiu cu viteza luminii, dar de-a lungul conductoarelor viteza este mai mică. La frecvențe înalte (între 1,8 și 30 MHz) în conductoare se manifestă efectul pelicular și majoritatea curentului curge la suprafața lor. O antenă practică în $\lambda/2$ realizată din sârmă are nevoie de izolatori la capete. Capacitatea dintre capetele dipolului și suportii de la capete dă „efectul de capete”, chiar dacă suportii sunt nemetalici. Acest efect încarcă suplimentar, capacitiv, conductorul și contribuie la scurtarea față de lungimea teoretică de $\lambda/2$. Lungimea teoretică de $\lambda/2$ se poate calcula cu expresia:

$$L = 150/F(\text{MHz}), \text{rezultatul fiind în metri.}$$

Formula este utilizată la calculul distanței dintre elementele antenelor directive sau de alt tip, dar practic în benzile US se folosește o formulă modificată, care ține cont de efectul de capete [și de grosimea conductorului] pentru calcularea lungimii reale a antenelor în $\lambda/2$. Lungimea fizică a dipolului în $\lambda/2$ din sârmă se calculează cu formula:

$$L = 143/F(\text{MHz}), \text{rezultatul fiind în metri.}$$

L.A. Moxon, G6XN, recomandă susținerea antenelor filare cu corzi de nailon, eliminând izolatorii de la capete. În cartea sa „Antene de Unde Scurte pentru orice amplasament” (publicată de RSGB), Moxon arată că eliminând izolatorii, formula devine:

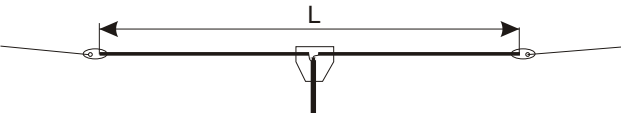
$$L = 145,7/F(\text{MHz}).$$

Alt factor care influențează lungimea de rezonanță a antenei este diametrul conductorului. Formulele date sunt precise pentru antene filare și doar în cazul antenelor din țevă se folosesc alte formule.

Autorul și-a restrâns atenția la antenele realizate din sârmă, și lungimile lor sunt date în tabelul 1. Sunt date lungimile pentru benzile de amatori de Unde Scurte pentru

ambele cazuri: cu izolatori și cu corzi de nailon.

Tabelul 1. Lungimile dipolilor în $\lambda/2$.



Frecvența MHz	Cu izolatoare m.	Fără izolatoare m.	"V" întors m.
1,830	78,14	79,61	77,58
3,550	40,28	41,04	
3,650	39,18	39,91	38,82
3,750	38,13	38,85	
7,050	20,28	20,66	19,27
10,100	14,15	14,42	13,45
14,050	10,18	10,37	
14,200	10,07	10,26	9,57
14,350	10,00	10,18	
18,100	7,90	8,04	
21,100	6,77	6,90	6,45
21,300	6,71	6,84	
24,940	5,73	5,84	5,45
28,100	5,08	5,18	4,80
28,500	5,01	5,11	4,87
29,000	4,93	5,02	
29,500	4,84	4,93	4,61
50,100	2,85	2,90	

Aceste dimensiuni pot fi influențate de condițiile locale

1.2. Impedanța

Radioamatorii începători deseori fac confuzie între termenii de „rezistență” și „impedanță”. Deoarece impedanța este atât de importantă când se discută despre antene, câteva cuvinte despre ea sunt necesare. Rezistența, în ohmi, se referă numai la dispozitive neinductive și necapacitive, deci din metale (sârme) sau carbon, care micșorează curentul în circuit. Se fabrică o mare varietate de rezistențe care au aceeași valoare în curent continuu și alternativ.

La frecvențe foarte mari, alți factori, precum efectul pelicular complică lucrurile, dar în general rezistențele obișnuite [nebobinate] se comportă la fel în curent alternativ și cel continuu.

Orice inductanță sau capacitate se opune curentului alternativ. Rezistența lor în curent alternativ se numește „reactanță” și depinde de valoarea inductanței sau a capacității și de frecvență.

Cu cât frecvența este mai înaltă, reactanța bobinei crește iar reactanța condensatorului scade. Combinația dintre reactanță și rezistență se numește „impedanță”. Rezistențele pure nu au componente reactive și deci impedanța lor este egală cu valoarea rezistenței. Într-un circuit care conține reactanță inductivă și reactanță capacitivă, ele se compensează reciproc, și atunci când sunt egale are loc „compensația”.

Dacă o impedanță are rezistență, inductanță și capacitate, iar inductanța și capacitatea sunt la rezonanță, atunci impedanța devine pur rezistivă. Aceasta este baza acordării antenelor la rezonanță. Impedanța se măsoară în ohmi și o explicare mai detaliată a acestor chestiuni se găsește în majoritatea manualelor de radioamatori.

1.2. 1. Impedanțele dipolilor

O antenă de emisie în $\lambda/2$, aflată la rezonanță, când este alimentată cu energie, are la capete tensiuni RF mari și curenți teoretic zero. Aceasta înseamnă că între capetele dipolului în $\lambda/2$, în spațiul liber, impedanța este infinită. În practică, există totdeauna ceva scurgeri de curent la capete și prin izolatori. Aceasta înseamnă că în realitate impedanța între capetele dipolului este apropiată de 100.000Ω , valoarea depinzând de grosimea conductoarelor. La distanța de cca. $\lambda/16$ de capete impedanța este 1000Ω , iar la centrul dipolului, unde curentul este maxim, iar tensiunea RF este

minimă, impedanța este mică.

Dacă dipolul ar fi realizat din conductor infinit de subțire, impedanța lui în spațiul liber ar fi la centru de cca 73Ω . Astfel de antenă este imposibil de realizat în realitate și dipolii reali în $\lambda/2$ realizați din sârmă au la rezonanță o impedanță la mijloc apropiată de 65Ω .

Antenele realizate din țevi au impedanțe mai mici, între $55-60 \Omega$. Impedanțele depind și de înălțimea antenei (vezi Fig.2). Impedanța mare la capetele dipolului în $\lambda/2$ face dificilă alimentarea lui, și de aceea se preferă întreruperea conductorului la mijloc și conectarea capetelor interioare la o linie cu impedanță mică, adaptată. Linia potrivită este bifilară sau coaxială, cu impedanța caracteristică între $50-75 \Omega$. Ea se adaptează bine cu dipolul alimentat la centru.

Exact la rezonanță impedanța la centrul dipolului în $\lambda/2$ este o „rezistență” pură. La alte frecvențe, dipolul prezintă în punctele de alimentare și o reactanță inductivă sau capacitivă. Dacă dipolul este mai scurt decât lungimea de rezonanță, reactanța este capacitivă, iar dacă este mai lung, reactanța este inductivă. În ambele cazuri vor fi probleme de adaptare a fiderului de 70Ω cu dipolul, și dacă reactanța este mare, pe fider există RUS mare și pierderi mari de putere

1.3. Factorul de calitate Q al antenei

La rezonanță dipolul prezintă o rezistență pusă la centru, dar dacă antena este prea lungă sau prea scurtă pentru frecvența de lucru, ea prezintă și o reactanță. Dipolul în $\lambda/2$ prea lung va prezenta o reactanță inductivă la bornele de alimentare, iar dipolul prea scurt prezintă o reactanță capacitivă. Reactanța face mai dificilă alimentarea antenei, sau transferul complet al puterii din fider. Neadaptarea produce de asemenea creșterea RUS peste 1:1, cu atât mai mult cu cât frecvența este mai departe de frecvența de rezonanță. Antena în $\lambda/2$ este asemănătoare unui circuit oscilant convențional, la care factorul de calitate, sau de „suprasarcină”, este determinat în mare parte de rezistența bobinei. Pierderile în condensator sunt în general mici și nesemnificative pentru influențarea factorului de calitate. Un circuit acordat cu Q mare are un acord foarte ascuțit (selectivitate), lucru valabil și la antena cu factor de calitate Q mare.

Folosirea unor sârme subțiri micșorează banda de trecere a dipolului în $\lambda/2$, dar nu dramatic. Totuși, antenele subțiri dimensionate la rezonanță prezintă un factor de calitate mare. O mică îndepărtare de frecvența de rezonanță, la emisie, duce la creșterea rapidă a reactanței la bornele de alimentare.

Sârma mai groasă are un Q mai mic, pierderi ohmice mai mici și dipolul în $\lambda/2$ are banda mai largă. Deci este mai bine să se asigure cea grosime care asigură rezistența la întindere, la vânt și săgeata (curbura) antenei. (1)

1.4. Înălțimea dipolului

Înălțimea dipolului orizontal deasupra pământului, exprimată în λ , este importantă (vezi curba impedanței în funcție de înălțime în Fig. 2).

La înălțimi mai mici de $\lambda/2$ impedanța scade, la $\lambda/10$ fiind numai 25Ω . Aceasta înseamnă că dipolul alimentat cu fider standard de mică impedanță va avea o neadaptare considerabilă când este aproape de pământ. O zecime de λ este cca 15 m în $1,8 \text{ MHz}$, la fel de puțin ca înălțimea de cca. 1 m în 28 MHz . Astfel se explică de ce dipolii cu înălțime mică au un randament mic în benzile joase.

O antenă orizontală în $\lambda/2$, montată la înălțimea cel puțin $\lambda/2$, deasupra pământului, radiază majoritatea puterii în direcții perpendiculare pe conductorul antenei. Diagrama ei de directivitate are forma unui tor, sau gogoasă, având planul în care radiația este maximă perpendicular pe axa dipolului (Fig. 3). Puterea scade la jumătate (3 dB) la unghiul $\pm 40^\circ$ față de maxim, și foarte mult la unghiuri mai mari.

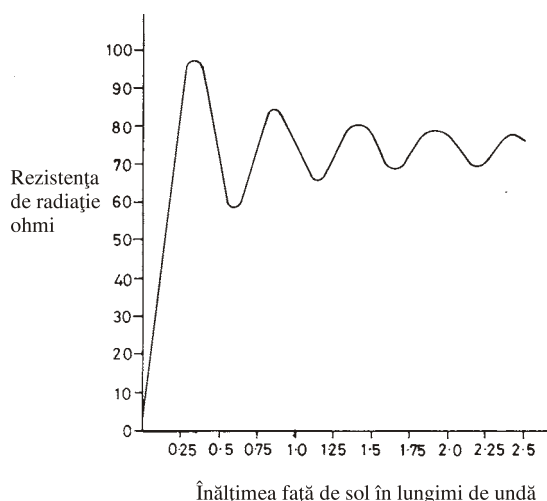


Fig. 2: Rezistența de radiație a dipolului în $\lambda/2$ în funcție de înălțimea deasupra pământului (După „ARRL Antena Book”).

Teoretic radiația lipsește sau este slabă înspre capetele antenei, dar practic există oarece radiație la unghiuri mari față de orizont, fapt care permite legături la distanțe mici.

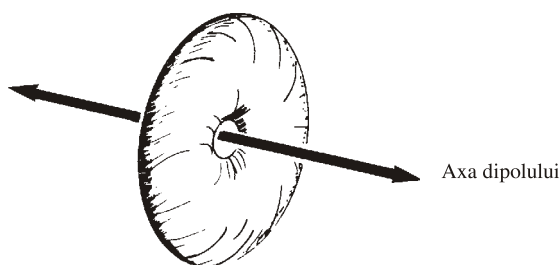


Fig. 3: Reprezentare aproximativă a radiației antenei dipol în $\lambda/2$ în spațiul liber. Antenele reale fiind influențate de reflexia undelor de pământ, diagramele lor sunt mult modificate.

Diagrama de radiație în plan orizontal, la unghiurile de 30° și 9° față de orizont se dau în Fig. 4. pentru dipolul în $\lambda/2$. Diagrama radiației la unghiul de 30° , dipolul fiind la înălțimea de $\lambda/2$, este superioară cu 1-2 grade S [6-12dB] radiației sub unghiuri de 9° , necesare pentru legături DX, și accentuează faptul că dipolul în $\lambda/2$ este o antenă universală, bună pentru lucrul semi-local și la distanță.

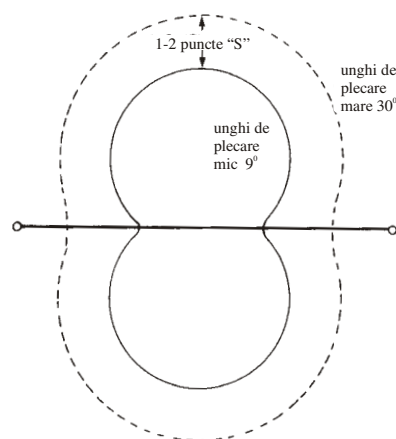


Fig. 4: Diagrama polară orizontală a dipolului în $\lambda/2$ la înălțimea de $\lambda/2$ deasupra pământului indică o radiație considerabilă pe direcția antenei, la unghiuri mari (30°). Radiația la unghi mic este în mare parte perpendiculară pe antenă și mai slabă cu 5-10 dB față de radiația la 30° .

Radiația înspre capetele antenei, la unghi mic, este totuși mai slabă cu 3-4 puncte S față de maximele perpendiculare pe antenă.

De aceea dipolul trebuie orientat perpendicular pe direcția zonelor preferate, mai ales pentru comunicații la mare distanță.

Când antena se află la înălțime mai mică decât $\lambda/2$, o parte mai mare din putere este radiată la unghiuri mari [în sus]. La înălțimea de $\lambda/4$ sau mai mică aproape că nu se poate lucra DX, radiația fiind spre cer. Aceasta este convenabil pentru radioamatorii care vor să aibă un semnal puternic în țară și la distanțe mici în Europa. Cei care lucrează în rețele „șuetă” în benzile de 3,5 și 7 MHz, ar trebui să-și „coboare” dipolii la înălțimea de $\lambda/4$ sau mai jos!

Diagramele de radiație în plan vertical, ale antenelor orizontale, la diferite înălțimi față de pământ, între $\lambda/8$ și 2λ se dau în Fig. 5. În toate cazurile se consideră că antena se află deasupra unui pământ perfect conductor.

1.5. Radiația

Un începător care l-a întrebat odată pe autor de ce antena în $\lambda/2$ radiază majoritatea puterii care i se aplică, a primit răspunsul că ajungând la capătul fiderului puterea nu avea

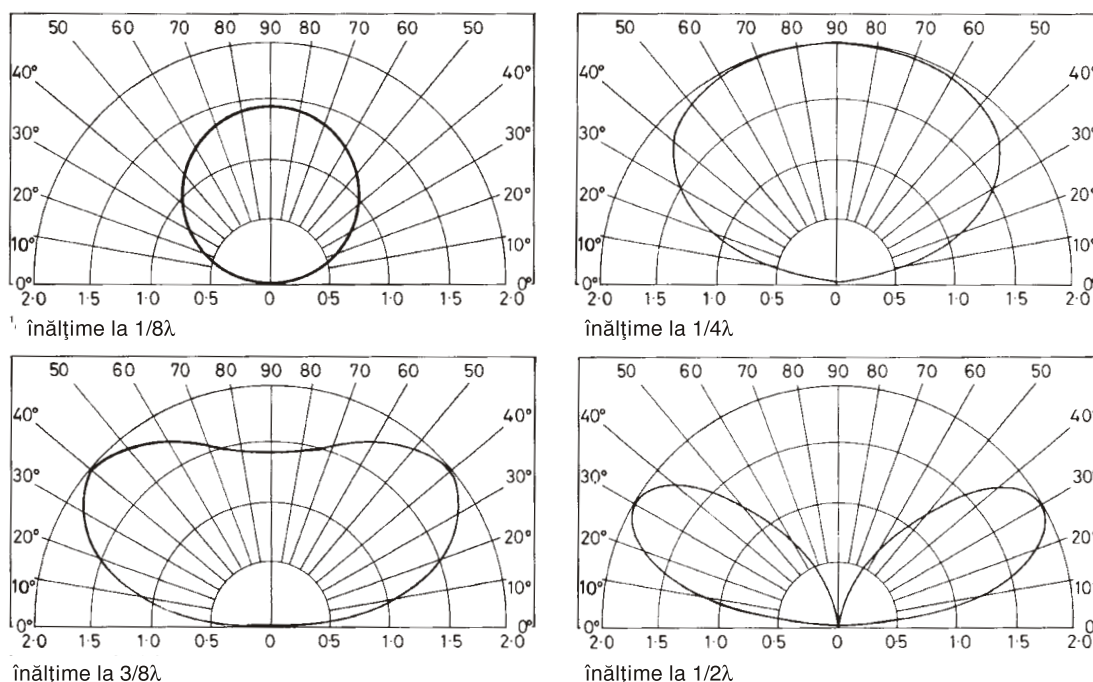
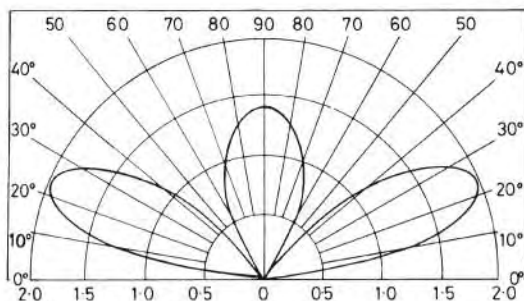
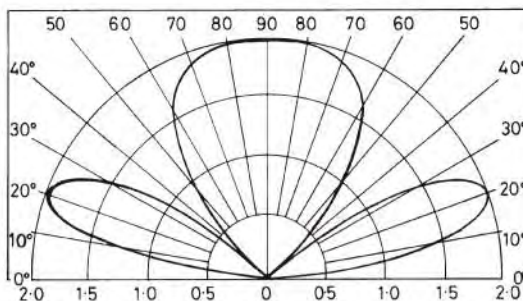


Fig. 5: Diagramele de radiație în plan vertical al dipolului orizontal aflat la diferite înălțimi deasupra unui pământ perfect conductor (The ARRL Antena Book).

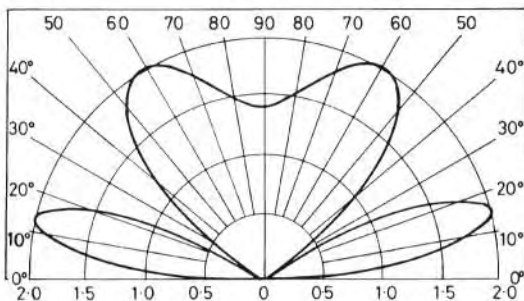




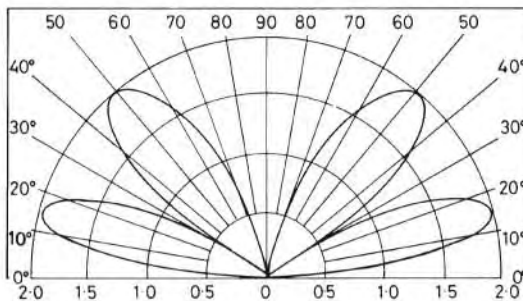
Înălțime la $5/8\lambda$



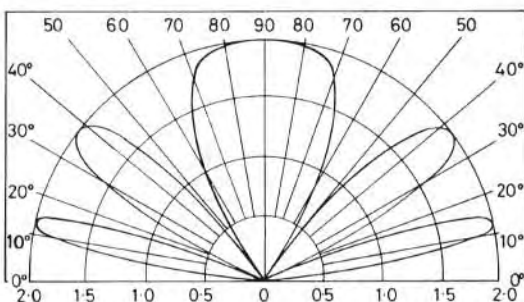
Înălțime la $3/4\lambda$



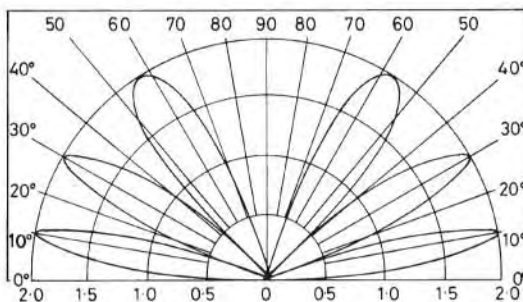
Înălțime la $7/8\lambda$



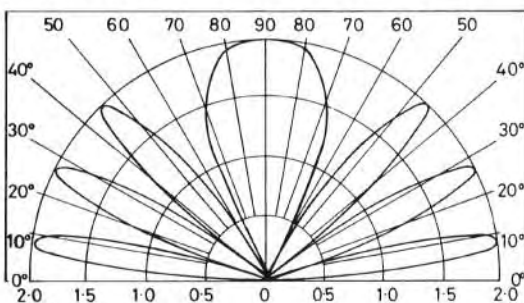
Înălțime la 1λ



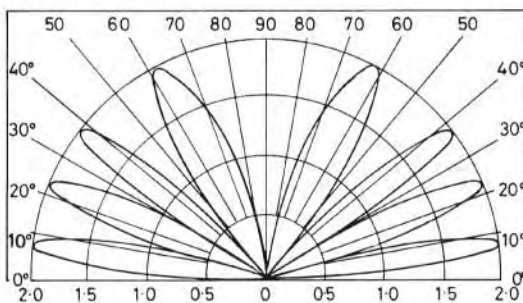
Înălțime la 1.25λ



Înălțime la 1.5λ



Înălțime la 1.75λ



Înălțime la 2λ

altă cale. Când se încearcă o explicație simplă, nematematică a radiației antenei, de obicei ne gândim la circuitul oscilant paralel (Fig. 6a) format din bobină și condensator de acord. Când nu este închis într-un ecran, circuitul radiază puțin din energia aplicată lui din emițător. Totuși, dacă bobina este o spiră cu diametrul mare, o mare parte din energie este radiată și circuitul se comportă ca o antenă-bucă. În cazul unei bobine obișnuite, dimensiunile circuitului sunt mici față de lungimea de undă și majoritatea câmpului RF este comprimat în circuitul oscilant.

În anii dinaintea celui de-al doilea război mondial, când în Anglia existau autorizații de emisie „cu antenă artificială”, mulți deținători de asemenea autorizații restrictive reușeau totuși să facă legături, în ciuda faptului că majoritatea puterii era disipată în rezistența circuitului care forma antena artificială. Cu asemenea circuit, neecranat, se pot recepționa semnale în receptor, deși sunt foarte atenuate. Toate conductoarele, inclusiv cele drepte, au o inductanță și o capacitate, și dacă se conectează două conductoare la un circuit oscilant (Fig. 6b), trebuie micșorate bobina și

condensatorul pentru a rămâne pe aceeași frecvență. Radiația circuitului este acum mărită. Acest proces se poate continua lungind egal ambele conductoare și micșorând corespunzător bobina și condensatorul, până ce rămâne din circuit oscilant doar două spire pentru cuplajul cu spira care aduce energia, numită link (Fig. 6c).

Acum avem un dipol în $\lambda/2$. Această explicație simplă a rezonanței și radiației antenei poate nu este elegantă, dar explică ce se întâmplă când dipolul în $\lambda/2$ este alimentat de o sursă RF.

1.6. O antenă dipol practică

Fără îndoială că cea mai simplă, eficientă și bună la toate distanțele antenă monoband pentru radioamatori, care lucrează bine fără reglaje sau acorduri dacă este proiectată corect, este dipolul în $\lambda/2$.

Lungimea acestei antene se poate calcula sau se ia din tabelul 1 și poate fi folosită aproape orice tip de sarmă de cupru. Pentru instalații permanente și semi-permanente se

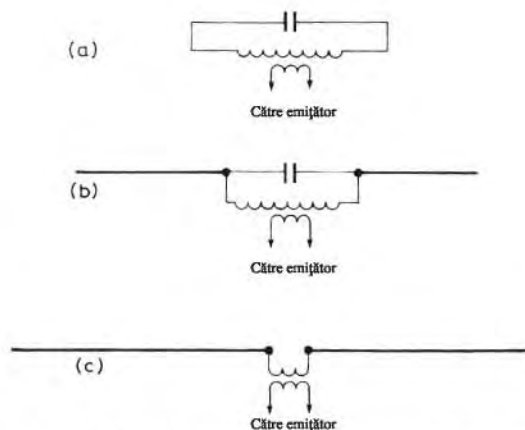


Fig. 6: a) Circuitul acordat paralel simplu cu bobină cu multe spire, care cuplată la ieșirea emițătorului radiază un procent mic de putere. Cu cât dimensiunile circuitului sunt mai mari, raportate la lungimea de undă, puterea RF radiată va fi mai mare. b) Dacă se conectează conductoare scurte, egale, la ambele capete ale circuitului, inductanțele și capacitățile lor permit micșorarea bobinei și condensatorului, și un procent mai mare din puterea aplicată va fi radiată. c) Dacă se lungesc cele două conductoare astfel încât circuitul oscilant să fie eliminat, majoritatea puterii va fi radiată și avem o antenă în $\lambda/2$.

recomandă cuprul tare trefilat ϕ 1,3-1,6mm, iar pentru antene experimentale și temporare se pot folosi majoritatea tipurilor de conductoare răsucite izolate cu plastic.

Frecvența de rezonanță a antenei realizată astfel se spune că este mai mică cu 3-5% dar autorul nu a constatat acest efect. Micșorarea frecvenței este totuși observabilă la antene directive din sârmă, în special Quad-uri.

Dacă se folosesc izolatori la capetele antenei, se recomandă ca aceștia să fie din sticlă Pyrex, în număr mai mare dacă pilonii de susținere sunt din metal. Corzile de Nailon sau Terylen se leagă direct de capetele antenei, cu nod, și constructorul trebuie să-și imagineze modificarea lungimii de rezonanță produsă de izolatori (vezi tabelul 1) și să taie dipolul mai lung decât în cazul folosirii izolatoarelor obișnuite. Corzile de peste 2 m, din nailon prezintă scurgeri foarte mici de curent chiar și pe timp umed.

Deși razele ultraviolete ale Soarelui degradează firele sintetice, autorul a folosit mulți ani corzi din nailon fără înrăutățiri vizibile.

Dacă se folosesc izolatori, la lungimea antenei se adaugă și porțiunile care trec prin izolatori (Fig. 7). Deși sunt mici, ele contează la frecvențe mai înalte, și foarte puțin la 3,5 MHz.

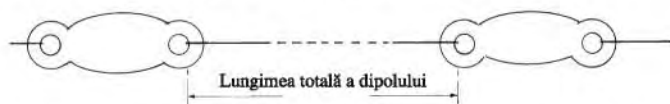


Fig. 7: Lungimea totală a antenei include porțiunile din izolatori. Deși sunt mici, ele pot dezacorda antena în 21 sau 28 MHz.

Dacă se înnațește conductorul antenei, acesta va fi cositorit și bandajat sau protejat de umiditate. Evitați înădăririle la centrul dipolului, unde curentul RF este mare și orice pierderi ohmice reduc puterea radiată. Experiența arată că conductoarele răsucite dar necositorite sunt acceptabile la capetele antenei, unde impedanța este mare [și curenții sunt mici].

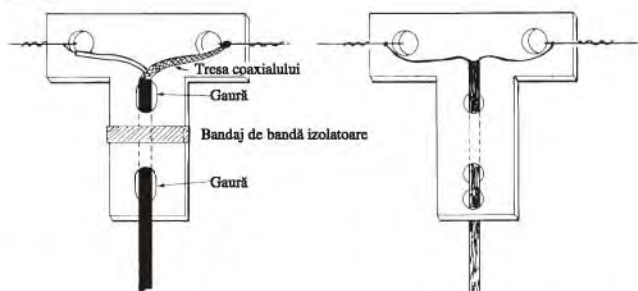


Fig. 8: Piesa în formă de T din material izolant folosită la centrul antenei

La mijloc dipolul este întrerupt și aici trebuie introdus un izolator. În acest punct tensiunea RF și impedanța este mică, de aceea izolația nu trebuie să fie foarte mare. Nu este nevoie de izolatori scumpi din ceramică sau sticlă și se pot folosi materiale izolante ca Perspex, acetat etc. Piesa izolantă din centrul dipolului are formă de T sau Y (Fig. 8) astfel încât capătul fiderului să poată fi fixat de ea.

Coaxialul, fiind mai greu, trebuie fixat mai puternic decât cablul bifilar de 72Ω . Se poate folosi aproape orice material izolator și impermeabil la apă. Conexiunile fiderului cu antena se cositoresc și nu trebuie să sufere tracțiuni.

Indiferent dacă fiderul este bifilar de 72Ω sau coaxial, conexiunea lui cu antena nu trebuie să suporte întinderi. Toate antenele se leagă chiar și pe timp relativ calm care „obosește” metalul și întrerupe fiderul sus, unde nu poate fi observat. În Fig. 8 sunt sugerate metode de fixare pentru ambele tipuri de fideri. Fiderul trebuie să coboare vertical cel puțin pe o lungime $\lambda/4$, după care poate fi îndoit pe direcția casei sau stației, evitând traseul pe sub sau paralel cu antena. Dacă fiderul este paralel cu o latură a dipolului, va crea disimetria și o impedanță mai mică a lui. O aranjare utilă și îngrijită a fiderului coaxial este coborârea lui vertical până la pământ și îngroparea lui pe traseul spre stație. Cablul bifilar necranat nu se îngroapă deoarece i se modifică impedanța caracteristică și crește RUS. Cablul bifilar este totuși mai puțin afectat de umezeală decât unele linii bifilare de 300Ω , deoarece majoritatea câmpului electric este concentrat în polietilena neagră, izolatoare. [distanța dintre conductoare fiind mică]. Culoarea neagră reduce degradarea plasticului de către razele ultraviolete, deci evitați cabele cu izolație de culoare deschisă sau transparentă.

Când se alimentează dipolul cu cablu coaxial este nevoie de o atenție suplimentară la conectarea lui la antenă. Cămașa exterioară trebuie crestată cca 10 cm și chiar deasupra capătului cel nou al cămășii se face o gaură în tresa [prin îndepărtarea lițelor] Fig. 8. Conductorul central izolat se scoate afară prin gaură. Astfel capătul tresei (codița) rămâne întreg și este puțin probabil să se depărteze sau să slăbească, mai ales dacă este cositorit. Fiderii se cositoresc la antenă și apoi conexiunile se bandajează sau se protejează contra apei. Unii radioamatori care critică alimentarea dipolului direct cu coaxial recomandă folosirea balunului 1:1 în punctul de alimentare. Deși alimentând direct cu coaxial se desimetrizează sistemul, în practică el funcționează bine.

Este totuși foarte important ca orice fider coaxial să coboare vertical [perpendicular] pe antenă și în continuare să meargă pe sau sub pământ. Argumentele împotriva folosirii coaxialului sunt următoarele:

În tresa cablului se pot induce curenții de radiofrecvență. Tresa cablului poate să radieze. Are o sensibilitate mai mare la obiecte vecine ca: piloni, linii telefonice și alte linii aeriene, clădiri sau copaci. Pierderile pot fi mari dacă coaxialul este degradat, cu corozioni interioare. Coaxialul este greu, trage de antenă măbind tracțiunea în fir.

Pot apărea unele probleme TVI.

Cablul bifilar este și el afectat de intemperii, tipul cel mai bun fiind acela cu conductoare emailate. Folosind cablu bifilar de cca 72Ω (2), este obligatorie folosirea unui transmatch pentru adaptarea cu majoritatea transceiverelor moderne. Acest tip de fider dă mai puține probleme TVI și este foarte ușor. El se găsește mai greu și la comandă costă aproape cât cablul coaxial. Pierderile în linia bifilară și în coaxialul de bună calitate sunt neglijabile până la 30 MHz, pentru o lungime de 30 m. Pierderile în cablu bifilar sunt similare celor din coaxiale de calitate. Protejarea la umezeală, în specială a cablurilor coaxiale, este foarte importantă. Unii folosesc mufe PL-259 și SO-239 la centrul dipolului, care nu sunt protejate la apă și măresc greutatea cablului, antena devenind un V. După cositorirea cablului coaxial sau bifilar la antenă, el trebuie bandajat gros la capete cu bandă adezivă sau alt material. Probabil materialul cel mai bun este cauciucul siliconic. Autorul preferă materialul necolorat și acoperă cu grijă conexiunile, având grijă să nu

apară micile găuri produse de bulele de aer.

Când nu sunt restricții de amplasare a antenei, și ea este unică, este mai bine să aibă direcția Nord-Sud. Astfel vor fi acoperite majoritatea țărilor, spre Nordul și Sudul Angliei populația fiind redusă. Doi poli perpendiculari ar fi ideal, unul pe direcția NV-SE și altul NE-SV. Examinând harta „circulară” a lumii [azimutală]* se aleg direcțiile optime pentru acoperirea întregii lumi [sau anumitor zone]. Dipolul în $\lambda/2$ pentru 7 MHz are avantajul că poate fi folosit și în banda de 21MHz ca antenă în $3\lambda/2$ alimentată la centru. Dar are altă diagramă de radiație și câștig puțin mai mare pe direcțiile de radiație maximă, față de un dipol în $\lambda/2$ tăiat pentru 21MHz.

* vezi "Ghidul radioamatorului" editat de YO3JW

1.7. Adaptarea

Mai sus s-a menționat folosirea transmatch-ului când se folosește fiderul bifilar. După părerea autorului transmatch-ul trebuie folosit întotdeauna, indiferent ce tip de antenă și fider se folosește. El face numai bine, și constituie un circuit acordat suplimentar, la emisie și recepție, care mărește selectivitatea, reduce intermodulația produsă de semnalele puternice cu frecvență apropiată și, cel mai important, elimină radiația pe armonici și frecvențe parazite.

Transceiverele moderne cu tranzistoare se pot defecta dacă lucrează pe impedanțe de sarcină nu mult diferite de cea nominală, de 50 Ω .

Unele variante își reduc automat puterea la ieșire dacă neadaptarea este 3:1 sau chiar mai mică. Folosind transmatch-ul se pot evita aceste probleme, în special când un dipol este folosit departe de frecvența lui de rezonanță, unde nu se adaptează bine cu fiderul. Aceste dezadaptări sunt inevitabile și produc pierderi de putere, dar transmatch-ul oferă transceiverului impedanța optimă, în ciuda neadaptării.

Transmatch-ul trebuie folosit împreună cu un RUS-metru (reflectometru), care dacă ar fi montat între ieșirea transmatch-ului și fider, ar indica RUS pe fider, produs de neadaptarea antenă-fider în afara frecvenței de rezonanță a antenei. Chiar și la frecvența de rezonanță a antenei, RUS nu este exact 1, deoarece dipolul nu are exact 50 sau 75 Ω , cât este impedanța caracteristică a coaxialului. Impedanța dipolului depinde de înălțimea lui, tipul solului, obiectele vecine etc.

Mulți radioamatori începători sunt îngrijorați nejustificat de cauza RUS din fider. Trebuie amintit că pe vremuri s-a lucrat cu succes fără să existe RUS-metre! Pierderile în fider se dublează doar când RUS ajunge 3,7:1 și este improbabilă o asemenea dezadaptare chiar dacă dipolul este rău dimensionat și poziționat. Dacă RUS este între 1:1 și 1,5:1, pierderile datorită neadaptării sunt neglijabile. La RUS atât de mic, pierderile totale în linie constă din atenuarea fiderului înmulțită cu 1,1!

Înainte de a părăsi tema RUS în fideri trebuie accentuat că fiderul conectat la antena dipol în $\lambda/2$ poate avea orice lungime dacă impedanța lui caracteristică este egală cu impedanța la centrul antenei. Dacă lungimea sau scurtarea fiderului modifică mult RUS, înseamnă că există o neadaptare mare între antenă și fider. Unele articole simplificatoare din revistele pentru amatori de CB [Citizen Band] recomandă ajustarea lungimii fiderului pentru a obține RUS apropiat de 1!

1.8. Mărirea lărgimii de bandă a dipolului

După cum s-a arătat, un dipol în $\lambda/2$ cu Q mic are o bandă de trecere mai largă decât unul cu Q mare, realizat din conductor foarte subțire. O metodă de a acoperi toată banda (de 3,5 MHz în special) este folosirea unui conductor foarte gros pentru antenă. Pentru aceasta se pot pune în paralel 2-3 conductoare, dar mai eficientă este dispunerea lor în evantai (vezi Fig. 9), ceea ce asigură RUS mic în benzile cu frecvențe joase. La frecvențe mai înalte, orice conductor normal va fi

relativ mai gros, comparativ cu lungimea de undă și deci factorul Q al antenei va fi mai mic. Cu toate acestea, cei care lucrează în CW la începutul benzii de 28 MHz și FM sau recepție sateliți peste 29 MHz, au nevoie de o antenă de bandă largă.

Antena cu lungimea de $\lambda/2$ la 29 MHz este aproape cu 38 cm mai scurtă decât pe 28 MHz, diferența fiind cca 6%. Conductoarele exterioare ale antenei dispuse în evantai sunt ceva mai scurte decât conductorul central, ele rezonând la frecvențele înalte ale benzii iar conductorul lung - la frecvențele joase. Aranjamentul poate fi desigur schimbat, conductorul scurt fiind între două mai lungi, sau tăind 3 lungimi diferite - pentru frecvențe joase, medii și înalte din bandă. Distanța dintre conductoare este de cca 1m, capătul fiecăruia fiind fixat separat, sau la o traversă comună, folosind izolatori. Lungimea conductoarelor se ia din tabelul 1.

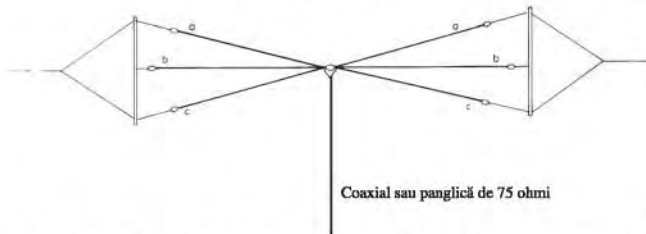


Fig. 9: Construcția unui dipol în evantai. Dipolii a, b și c, rezonază la începutul, mijlocul și sfârșitul benzii, acoperind toată banda de 3,5 MHz. Dipolul care rezonază la începutul benzii de 3,5 MHz este cu 2,13 m mai lung la capătul benzii. În benzile cu frecvențe mai înalte, care sunt relativ mai înguste, un singur dipol tăiat pe frecvența centrală este suficient.

1.9. Dipoli înclinați

Dipolii în $\lambda/2$ orizontali necesită doi piloni și nu e posibil întotdeauna să se asigure aceasta într-un spațiu restrâns. În aceste situații, un singur pilon, preferabil nemetalic, sau un punct înalt al clădirii este suficient, antena fiind montată înclinat față de pământ sub un unghi de 45-60° (Fig. 10). Dipolul în $\lambda/2$ înclinat trebuie să aibă capătul de jos la înălțimea de minim $\lambda/6$, iar fiderul trebuie să fie perpendicular pe antenă pe o lungime de cel puțin $\lambda/4$. Dacă fiderul este coaxial, tresa se conectează la latura de jos a dipolului, pentru a ajuta la alimentarea simetrică.

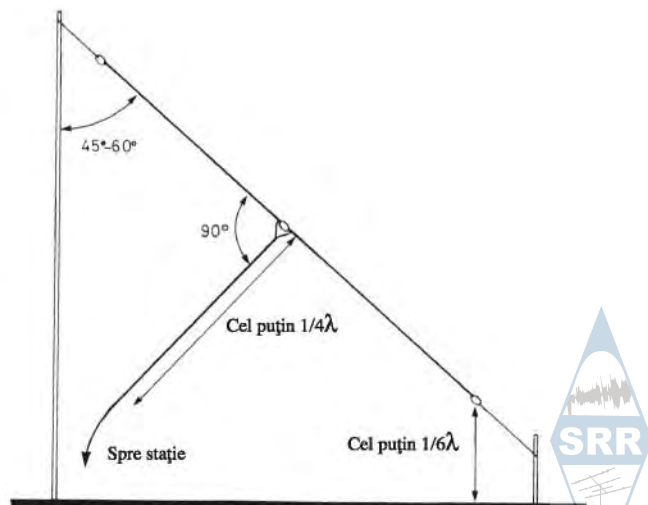


Fig. 10: Dipolul în $\lambda/2$ înclinat poate fi montat într-un spațiu mic și este util la lucrul DX. Majoritatea radiației lui la unghi mic este înspre capătul de jos al antenei, dar există și radiație considerabilă la unghiuri mari în alte direcții. Fiderul trebuie să facă unghi drept cu antena pe o lungime de cel puțin $\lambda/4$. Dacă e posibil, pilonul să nu fie metalic, iar când este metalic, lungimea lui să nu se apropie de $\lambda/2$ pe frecvența de lucru.

Performanțele dipolului înclinat diferă de cele ale dipolului orizontal, și cel înclinat poate fi bun la DX. Dipolul înclinat are radiație polarizată înclinat, componentele cu polarizare verticală și orizontală depinzând de mărimea înclinării.

Unghiul mai mic de radiație față de orizont este un câștig față de dipolul orizontal, la lucrul DX. Unii utilizatori declară un câștig de 3-6 dB, alții dau valori mai mici. Aceasta este comparabil cu dipolul în banda cea mai joasă! Câștigul este dificil de obținut în benzile joase cu alte mijloace și pentru majoritatea radioamatorilor antenele directive tip Yagi cu multe elemente ies din discuție.

Există ceva radiație la unghiuri mari de la unele părți ale dipolului înclinat, dar o foarte mică radiație de la capătul cel înalt. O diagramă a radiației în plan orizontal seamănă cu o inimă cu un nul între doi lobi. Nulul corespunde cu capătul cel înalt al dipolului înclinat.

Dezavantajul este că lucrul la DX este posibil doar într-o direcție, dar se poate rezolva montând 3 sau 4 dipoli înclinați la același pilon, cu fiderii comutați. Există scheme care folosesc dipolii neutilizați ca reflectori pentru a mări câștigul și raportul F/S, dar ajustarea lor este complicată și depășește scopul acestor pagini.

1.10. Dipoli verticali

Dipolul în $\lambda/2$ montat vertical radiază semnale polarizate vertical, în toate direcțiile, și mare parte din radiație este la unghiuri mici, favorabile lucrului la DX. Centrul antenei trebuie să fie la cel puțin 0,45 λ înălțime față de pământ, din păcate, dacă se dorește o impedanță de cca 70 Ω . Este mai convenabilă o antenă verticală în $\lambda/4$, care are punctul de alimentare la nivelul pământului.

Antenele verticale în $\lambda/2$ sunt rar folosite de amatori, deși devin convenabile în banda de 28MHz și pot fi suspendate de sârmele sau ancorele existente. Fiderul dipolului vertical trebuie să fie perpendicular pe antenă, ceea ce creează probleme. Antena nu poate fi alături de un pilon metalic, care deranjează funcționarea. Experiențele autorului cu dipoli verticali suspenzați au arătat că antenele Ground Plane în $\lambda/4$ sunt mai eficiente, astfel că antena verticală în $\lambda/2$ nu este recomandată.

1.11. Dipoli V întors monoband și multiband

Radiația maximă, la orice antenă, provine din porțiunea ei parcursă de curent mare, care la dipolul în $\lambda/2$ este în centru. Dipolul orizontal din sârmă are întotdeauna o săgeată [„burtă”] la mijloc, mai mare dacă fiderul este coaxial, ceea ce reduce înălțimea efectivă a antenei. Pilonii mai înalți nu rezolvă problema. Totuși, dacă se poate înălța centrul dipolului, acesta luând forma de V întors, porțiunea parcursă de curent maxim se va afla mai sus față de obiectele din jur, care o ecranează.

Deseori se poate instala un pilon destul de înalt în centrul proprietății, unde este dificil să se instaleze doi piloni cu ancorele lor.

Dacă stația se află aproape de pilonul unic, fiderul antenei V întors are traseul optim. Un pilon montat pe acoperiș sau lângă coșul de fum poate susține centrul antenei V întors, laturile ei coborând pe lângă clădire sau cabană.

Antena V întors are radiația maximă perpendicular pe planul conductoarelor, dar din experiența autorului nu există nului pronunțate la capetele antenei, ca la dipolul orizontal liniar. Radiația transversală pe antenă este la unghiuri mici, bună pentru lucrul DX.

Antena V întors are o reputație excelentă pentru lucrul DX în benzile de frecvențe joase, unde nu se pot instala antene verticale sau dipoli orizontali de înălțime mare. Există totuși anumite condiții pe care trebuie să le îndeplinească această antenă. Unghiul dintre laturi trebuie să fie peste 90°, de preferat 120° sau mai mult. Acest unghi hotărăște înălțimea vârfului antenei și lungimea terenului necesar instalării. Pentru banda de 3,5 MHz suportul trebuie să aibă înălțimea de minim 14 m și un teren cu lungimea de cca 34 m. Dipolul

orizontal are nevoie de un teren cu lungimea de 40 m și mai mult, ținând cont de ancorele pilonilor. În portabil, pentru o antenă V întors în 14 MHz, este nevoie de un pilon de numai 5 m.

Înclinarea laturilor dipolului îi micșorează frecvența de rezonanță și el trebuie scurtat cu cca 5%. Cauza este apropierea capetelor dipolului între ele, și de pământ, care îi mărește capacitatea proprie, și inductanța proprie, antena fiind aproape o jumătate de spirală. Lungimile dipolilor V întors pentru benzile de radioamatori se dau în Tabelul 1

[bazat pe formula: $L=136/F$ MHz]

O altă consecință a înclinării laturilor este modificarea impedanței antenei, care scade de la 65 Ω la 50 Ω . Aceasta însă este ideală pentru adaptarea cu coaxialul de 50 Ω . Antena V întors are un Q mai mare decât dipolul clasic, deci o bandă de trecere mai îngustă.

Capetele antenei V întors nu trebuie să se apropie la mai puțin de 3 m de pământ, chiar și în benzile superioare, tensiunea RF acolo fiind mare și periculoasă pentru oameni și animale. Deși nu este mortal, șocul și arsura RF sunt periculoase și probabil că o companie de asigurări nu agreează astfel de accident.

Se recomandă alimentarea antenei V întors cu coaxial, chiar din cel gros cu pierderi mici, care va fi susținut de pilon. Fiderul nu trebuie să tragă de punctele de conexiune cositorite la antenă. Autorul a folosit un pilon din bucăți de bambus, cu înălțimea de 8 m pentru a susține un V întors pentru 7 MHz și coaxialul tip TV, de alimentare. Nu s-a folosit balun la nici o antenă V întors. Se poate folosi cablu bifilar de 72 Ω în locul coaxialului, dar este nevoie atunci de transmatch. Instalarea unei antene V întors se vede în Fig. 11.

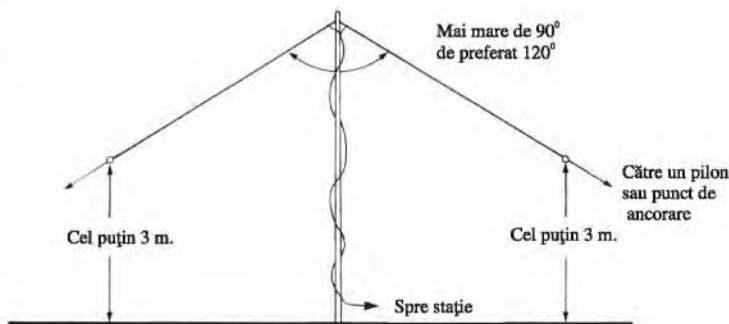


Fig. 11: Dipolul în $\lambda/2$ montat ca V întors, cu unghi de 120° între laturi. Acest unghi nu trebuie să fie mai mic de 90°. Pilonul susține porțiunea cu curent mare a dipolului la înălțimea maximă, susține antena și fiderul. Antena V invers este bună pentru lucrul la DX și dă rezultate bune în banda de 3,5 MHz dacă pilonul are cca. 14 m înălțime.

1.12. Dipoli multiband

Toți dipolii discutați până acum sunt monoband, însă antena V întors poate lucra și multiband. De exemplu, dacă există doi dipoli în $\lambda/2$, fiecare rezonant într-o bandă, ei pot fi conectați în paralel la același fider, fiecare prezentând impedanța de 65 Ω pe frecvența proprie de rezonanță, fără să fie deranjat de dipolul „vecin”.

Un dipol tăiat pentru 7 MHz are impedanță joasă la această frecvență, iar al doilea dipol, conectat în paralel, tăiat pentru 14 MHz, nu prezintă o impedanță capabilă să preia putere la 7 MHz. Când se aplică putere cu frecvența 14 MHz, dipolul pentru 7 MHz este în λ , are o impedanță mare la centru, nu preia putere și funcționează dipolul pentru 14 MHz.

Astfel, câțiva dipoli tăiați pentru diferite benzi pot fi conectați în paralel, dacă sunt pe frecvențe multiplu par ai antenei de bază.

Dipolii mai scurți decât cel excitat prezintă impedanțe mari. Dacă unul dintre dipoli rezonază pe 7 MHz, nu se mai include și un dipol pe 21 MHz, în paralel, deoarece la această

frecvență dipolul pentru 7 MHz radiază, fiind o antenă în $3\lambda/2$.

Se poate realiza o antenă multiband conectând mai mulți dipoli în paralel [la centru], dar greutatea lor va produce o săgeată „burtă” mare care reduce înălțimea efectivă. Totuși sistemul multiband se poate realiza în varianta V întors, la care greutatea dipolilor și fiderului este susținută de pilon.

Se pot conecta în paralel mai mult de 3 dipoli V întors, capetele lor coborând spre puncte separate de ancorare, aranjamentul apărând dezordonat. O soluție mai elegantă și mai ușoară de antenă V întors pentru 5 benzi, cu numai două capete și același unghi la toți dipolii, este folosirea cablului tip „panglică” cu multe fire. Se găsește ușor cablu „panglică” cu zece conductoare, fiecare din 14 lițe de 0,13 mm din cupru cositorit, lat de 13 mm și gros de 1,3 mm. Fiecare conductor suportă 1,4 A, ceea ce înseamnă puterea de aproape 140 W, ca dipol în $\lambda/2$. În CW și SSB puterea nu este continuă ci în impulsuri, deci se poate lucra cu putere dublă. Cablul panglică se vinde la lungime de 50 m, deci se poate realiza un V întors pentru cinci benzi, folosind cca 40 m, pentru 3,5, 7, 14, 21 și 28 MHz.

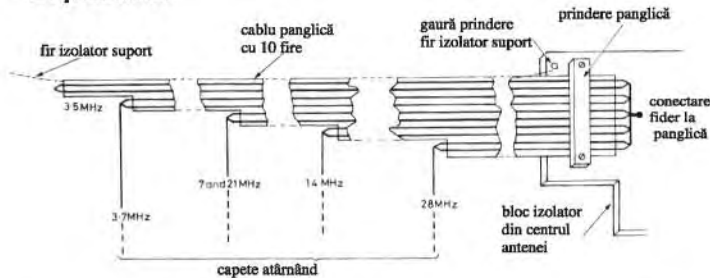


Fig. 12: Schița simplificată a antenei V întors pentru 5 benzi realizată din cablu „panglică” cu 10 fire. O coardă de nailon paralelă cu antena, „cusută” de ea, folosește ca suport. Capetele dipolilor sunt lăsate să atârne cca 1 m pentru a micșora cuplajele capacitive și de altă natură între dipoli. Capătul dipolului pentru 3,5 MHz nu este nevoie să atârne. Schița nu este la scară.

Folosind tabelul 1, o parte din conductoare se taie, panglica devenind tot mai îngustă spre capete, fiecare secțiune având $\lambda/4$ pentru o bandă (nu se face și dipol pentru 21 MHz). Cablul curea având 10 conductoare, se conectează în paralel câte două, ceea ce permite dublarea puterii și micșorarea Q-ului fiecărui dipol. Antena realizată din cablu „panglică” este dată în Fig. 12.

Fixarea la capete cu izolatori sau coardă de nailon nu este suficientă deoarece dipolul cel mai lung suferă o tracțiune mare și se poate rupe. Autorul a „cusut” coarda cu nailon ϕ 1 mm străpungând cu un ac antena din 60 în 60 cm. La capetele antenei s-a matisat cu nailon subțire. Unghiul la vârf recomandat este cca 120° . Capetele dipolilor au tensiuni RF mari și apropierea de alte fire produce dezacorduri capacitive. De aceea capetele dipolilor pentru 7, 14, 28 MHz se lasă să atârne liber. La centru se folosește o placă izolantă din Perspex sau alt material pentru fixarea „panglicilor” și fiderului (vezi Fig. 12). Capetele dipolului cel mai lung trebuie să se afle la cel puțin 3 m înălțime față de pământ. Astfel de antenă multiband este folosită de autor și are RUS între 1,3 : 1 și 1,7 : 1 fără reglaje. RUS cel mai mare este în 21 MHz, unde funcționează dipolul pentru 7 MHz ca antenă în $3\lambda/2$ și are impedanță mai mare de 50 W.

O variantă simplă, pentru două benzi se poate realiza din linie bifilară de 300 Ω [panglică TV]. Altă soluție constructivă este alăturarea dipolilor realizați separat și matisarea din metru în metru, dar nu arată bine precum cablul „panglică”.

Dacă nu se lucrează în 3,5 MHz, antena pentru 4 benzi necesită un pilon înalt de numai 8 m, cu baza fixată, care nu are nevoie de ancore, antena V întors lucrând ca ancore.

Antena V întors are probabil o radiație polarizată vertical considerabilă, deoarece performanțele ei în 28 MHz sunt mult mai bune decât ale oricărui dipol orizontal încercat de autor. Această radiație polarizată vertical face ca antenele V întors să fie foarte utilizate la lucrul DX în 3,5 și 7 MHz. Din păcate varianta pentru 1,8 MHz este irealizabilă pentru majoritatea radioamatorilor, deoarece necesită un pilon sau un punct de

fixare a vârfului înalt de 27 m. Un transmatch trebuie folosit cu această antenă, și alte trei antene multiband pentru a atenua armonicile și radiațiile nedorite ale emițătorului. Antena dipol în $\lambda/2$ elimină destul de bine armonicile pare, dar antena V întors multiband le radiază cu succes, dacă nu se folosește un transmatch.

1.13. Dipoli scurtați la jumătate

De multe ori radioamatorul constată că nu dispune de spațiu suficient pentru antenă în benzile joase. Autorul a locuit o vreme în oraș într-un spațiu lipsit complet de grădină. Dipolul său pentru 14 MHz era întins între coama acoperișului unei case cu terasă și peretele unei case de peste drum, la înălțimea de cca 6 m față de terasa unei clădiri. În 7 MHz dipolul avea lungimea de $\lambda/4$ (10 m), fiderul fiind o linie bifilară, permițând legături în Europa, dar aproape imposibil cu alte continente.

Porțiunea din mijlocul dipolului în $\lambda/2$ dă majoritatea radiației, și practic 71% din radiația totală este produsă de jumătatea centrală a dipolului. La antena autorului această jumătate era „ascunsă” sub forma liniilor bifilare [care nu radiază], fiind de mirare că se realizau legături în 7 MHz.

Există câteva moduri de a „înghesui” un dipol într-o grădină sau spațiu restrâns, implicând întoarcerea capetelor sau lăsarea în jos, dispunerea în zig-zag a dipolului sau altceva similar. Folosind inductanțe în fiecare latură a dipolului se poate obține rezonanța cu pierderi mici, chiar dacă el are jumătate din lungimea normală. Inductanțele se montează în poziții determinate, în afara centrului dipolului, simetric, după anumite criterii.

Cu cât inductanțele sunt mai departe de centrul dipolului, randamentul va fi mai mare, dar valorile lor vor fi mai mari și pierderile lor ohmice cresc, banda de trecere se îngustează și greutatea lor crește. Dacă dipolul este scurtat la jumătate și bobinele sunt montate la jumătatea laturilor, reactanța fiecărei bobine trebuie să fie de cca 950 Ω , la frecvența de lucru, vezi Fig. 13.

Cunoscând aceasta se poate calcula inductanța bobinelor necesare în fiecare bandă. În tabelul 3 se dau valorile inductanțelor și frecvențele pe care rezonază ele cu un condensator de 100 pF conectat în paralel.

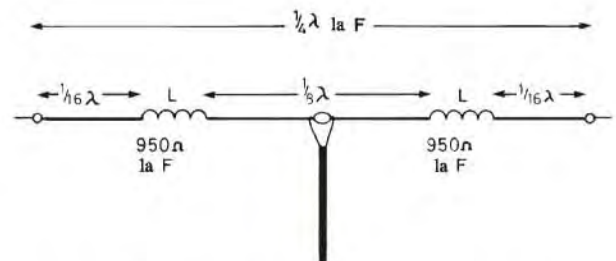


Fig. 13: „Încărcarea” inductivă a dipolului scurtat la jumătate. Lungimea lui scurtată se calculează după tabelul 1. Diagrama de radiație a dipolului complet este valabilă și la dipolul scurtat, dar randamentul acestuia este mai mic. Bobinele realizate din sârmă groasă sau țevă măresc randamentul și au pierderi mici.

Bobinarea pentru o anumită inductanță nu este o treabă ușoară pentru amatori, deoarece sunt multe variabile: diametrul bobinei, numărul de spire pe centimetru, grosimea conductorului, raportul dintre lungimea și diametrul bobinei. Bobinele se fac pe carcasa cu pierderi cât mai mici în RF sau în aer, din conductor gros sau țevă pentru a fi robuste. Bobinele se pot regla conectând în paralel un condensator de fix 100 pF cu mică și determinând frecvența de rezonanță a circuitului [cu DIP-metrul]. Se strânge sau se alungește bobina realizată în aer, sau se scot din spirele bobinei, realizată pe carcasă. Se recomandă ca DIP-metrul să fie asistat de un frecvențmetru. În acest timp bobina nu este conectată la antenă, la conectare se va scoate condensatorul.

Pe mijlocul bobinei se montează izolatori-bară care preiau tracțiunea (Fig. 14). Bobinele cu carcasă se protejează contra umezelii cu cauciuc siliconic.

Problemele de izolație nu sunt mari când bobinele se montează la jumătatea laturilor, unde tensiunea RF este mică. Antena dacă nu rezonază pe frecvența dorită, se ajustează lungimea capetelor ei. Se cuplează DIP metrul asistat de frecvențmetru la o buclă de o spirală conectată la centrul dipolului, care trebuie să se afle la cel puțin 3 m înălțime în acest timp. În loc de aceasta, se poate măsura RUS de-a lungul benzii. Frecvența de rezonanță este aceea la care RUS este minim. Se mai poate folosi o punte RF de zgomot și un receptor, pentru găsirea frecvenței de rezonanță a antenei.

Tabelul 2 cu inductanțele de prelungire a dipolilor în $\lambda/2$

Banda MHz	Inductanța μH	Frecvența de rezonanță cu 100 pF în paralel- MHz
3,6	40	2,6
7,0	25	3,2
14,0	12	4,5
21,0	8	5,6
28,0	6	6,6

Chiar dacă rezonază pe frecvența optimă, dipolul scurtat nu are randamentul dipolului complet, dar se poate folosi și are aceeași caracteristică de directivitate. Dipolul scurtat nu trebuie confundat cu dipolul cu trapuri, care este puțin mai scurt decât $\lambda/2$ în banda cea mai joasă de lucru. Antenele cu trapuri asigură lucrul pe mai multe benzi cu un singur fider, și ele nu sunt ușor de realizat și reglat.

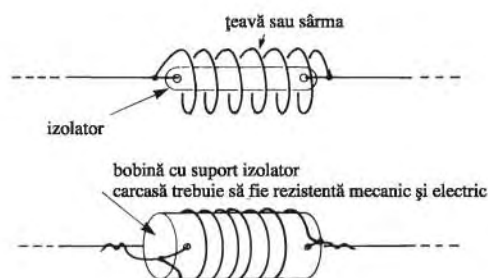


Fig. 14: Două metode de introducere a bobinelor de încărcare pe conductorul antenei. Bobinele pe aer se reglează ușor apropiind sau depărtând spirele, înainte de montarea la antenă. Antena este adusă la rezonanță numai prin ajustarea lungimii, la capete.

NR

(1)

Pare paradoxal ca antena confecționată cu firul mai gros să aibă un Q mai mic, deși pierderile în conductor sunt evident mai mici.

Explicația este următoarea:

Factorul de calitate Q este întradevăr invers proporțional cu rezistența reprezentând pierderile circuitului, dar este direct proporțional cu rădăcina pătrată a raportului L/C

$$Q = 1/r \cdot \sqrt{L/C}$$

Firul mai subțire are o capacita distribuită C mai mică și o inductanță distribuită L mai mare. Prin urmare factorul L/C este mai mare, deci și Q mai mare

(2)

Este vorba de "Twin-lead cable" care are aspect exterior ca al unui cablu coaxial, dar în interior are două conductoare fixate paralel pe generatoarea "tubului" care este cămașa exterioară de protecție

În practică, la puteri mici, se poate folosi cablu electric flexibil "tip pentru veioze"



ANTENE ALIMENTATE LA MIJLOC CU LINII ACORDATE (REZONANTE)

Dipolii în $\lambda/2$ discutați în capitolul 1 deși sunt radiatori de energie simpli și eficienți pun probleme radioamatorilor care doresc să lucreze în câteva benzi. În cazul cel mai bun ei sunt folosiți doar pe frecvență fundamentală și armonica a 3-a. Dipolul tăiat pentru 7 MHz va lucra destul de bine și în 21MHz, cu adaptare destul de bună la fiderul de 75Ω , deși în 21MHz diagrama de radiație este alta decât în 7MHz. (vezi Fig. 15).

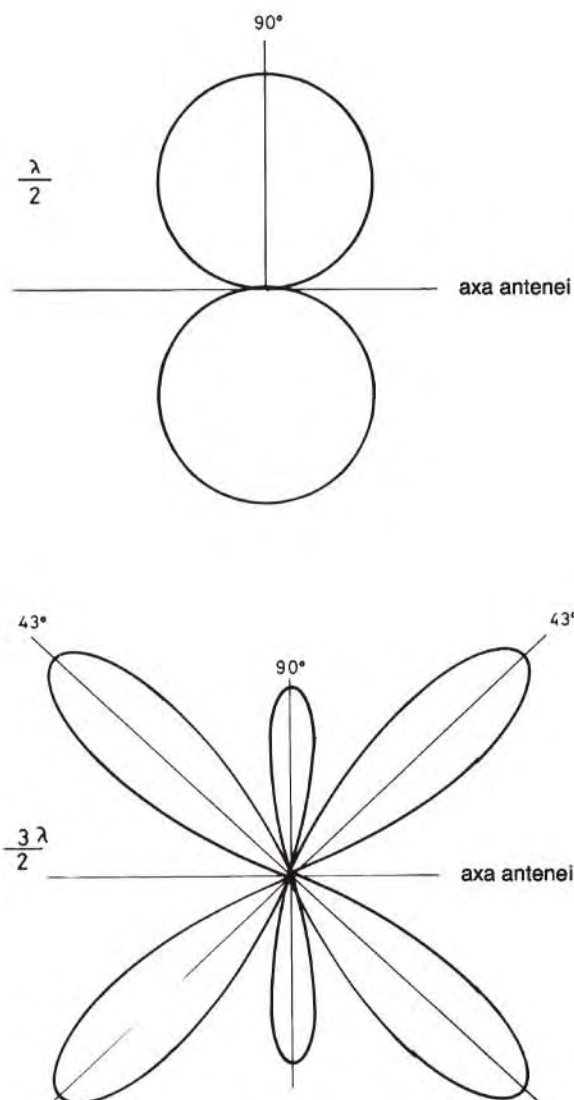


Fig. 15: Diagramele de directivitate pentru dipolul în $\lambda/2$ și antena în $3\lambda/2$ orizontală.

Folosind un fider acordat, un dipol de orice lungime poate fi totuși făcut să radieze eficient pe o gamă largă de frecvență.

Acest tip de antenă este numită în general „dublet” sau „Zeppelin alimentat la centru”, ceea ce este o contradicție în termeni deoarece adevărata antenă Zeppelin este rezonantă și alimentată la un capăt.

2.1. Linii acordate

Linii paralele au o impedanță caracteristică care depinde de diametrul conductoarelor, distanța dintre ele [și dielectric]. Această impedanță în multe aplicații este importantă dar nu și în cazul antenelor alimentate la centru cu linia acordată. Antenele discutate în acest capitol de obicei folosesc fideri acordați și deci impedanța lor poate fi neglijată. Fiderii acordați funcționează pe principiul că ei fac parte din antenă și au unde staționare de-a lungul lor. Undele staționare sunt caracteristice majorității conductoarelor care radiază, dar dacă două conductoare egale sunt apropiate (comparativ cu lungimea de undă) și alimentate în contrafază, ele vor radia o parte foarte mică din puterea RF aplicată. O înțelegere mai clară a funcționării liniilor acordate se obține din Fig. 16.

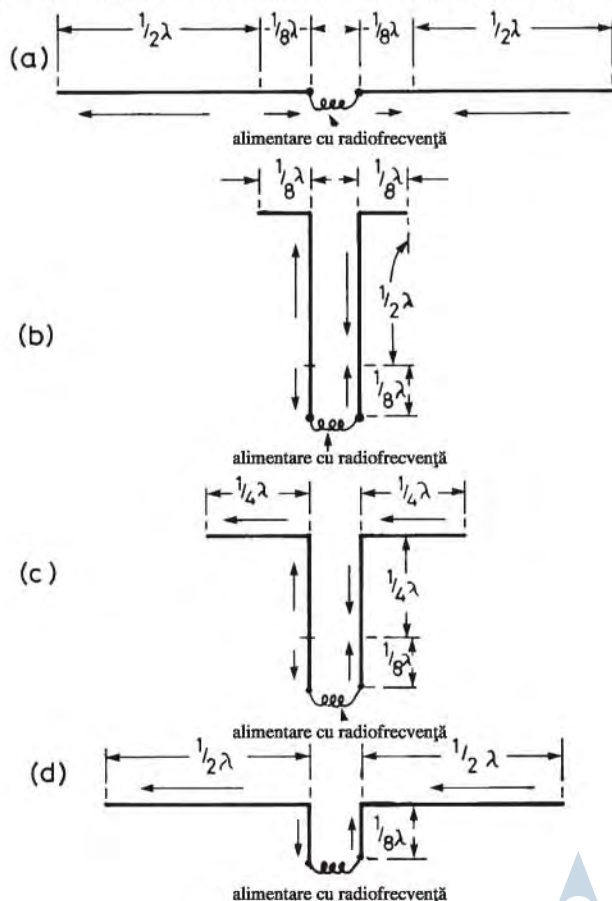


Fig. 16: Antena dublet în 4 variante care au aceeași lungime totală de conductor pentru antenă plus fider. La fiecare variantă curenții în laturile dipolului sunt în fază în timp ce curenții în laturile liniei sunt în antifază, și radiația lor se anulează reciproc.

Curenții de-a lungul antenei cu laturi lungi de $5\lambda/8$ la un moment dat, sunt dați în Fig. 16.a. Pentru simplificare generatorul RF este conectat chiar la centrul antenei. Se vede că în porțiunile de $\lambda/2$ de la capetele antenei curenții sunt în fază [au aceeași direcție] iar în porțiunile centrale lungi de $\lambda/8$ au fază (direcție) contrară. În Fig. 16.d. porțiunile centrale lungi de $\lambda/8$ sunt dispuse sub formă de linie paralelă care nu radiază, iar antena este formată din 2 laturi în $\lambda/2$ cu curenți

în fază. În Fig. 16.c, linia a fost alungită cu încă o porțiune de $\lambda/4$ „luată” de la antenă. Antena devine dipol în $\lambda/2$. Situația se schimbă dramatic în Fig. 16.b. unde antena devine foarte scurtă ($\lambda/4$) iar linia preia majoritatea conductorului având lungimea $\lambda/2 + \lambda/8$. Orice variantă intermediară este posibilă, pe antenă existând unde staționare care radiază, și care se continuă pe linie, dar nu radiază.

2.1.1. Construcția liniilor

Așa cum s-a menționat, conductoarele care formează linia trebuie să fie de lungimi egale și departe de țevi și jgheaburi metalice, în spațiu degajat. Distanța dintre conductoare de la care linia începe să radieze este destul de mare, și 15 cm este bine, chiar și în banda de 28 MHz.

Aceasta înseamnă că în 1,8 MHz linia poate avea conductoarele distanțate la 2,4 m. Cărțile de antene arată doar liniile cu distanța constantă între conductoare, dar de fapt distanța poate să varieze.

Aceasta înseamnă că distanțierii care mențin conductoarele pot fi de lungimi diferite, fără a afecta eficacitatea liniei. În schimb, orice cotituri ascuțite ale traseului liniei trebuie evitate, de exemplu la intrarea ei prin tocul ferestrei. Coturile cu unghiuri mari, peste 90° , sunt indicate, iar fiderul acordat nu trebuie să fie aproape sau paralel cu zidurile. Fiderii neacordați care lucrează adaptați la ambele capete cu impedanța lor caracteristică, se pot monta în tuburi de plastic sau cauciuc îngropate, dar fideri acordați trebuie să fie în spații libere.

Folosirea liniilor în $\lambda/4$ ca transformatori de impedanță se dă în capitolul 6.

2.1.2. Pierderile în fideri.

Pierderile în liniile acordate includ orice pierderi prin radiație (care de obicei sunt foarte mici) și pierderi în conductoare, care au o rezistență mărită în RF. Considerând că liniile au conductoare din cupru cu diametrul 1,3-2mm, pierderile ohmice sunt nesemnificative, mai importante fiind pierderile în dielectricul distanțierilor. În VHF și UHF liniile cu aer și distanțieri sunt folosite rareori. Liniile acordate, cu aer, cu distanțieri la intervale de 4-5 cm au atenuarea 0,03 dB pe 30,5 m de lungime, la 3,5 MHz și cresc la 0,25 dB la 144 MHz. Aceasta înseamnă că pierderi de 3 dB (jumătate din putere) există numai la o linie lungă de 3 km, la 3,5 MHz. Ca linii acordate pierderile sunt mai mari. Pentru comoditate se poate folosi ca linie acordată și linia paralelă de 300Ω , mai ales cea fabricată în Suedia. Chiar și linia paralelă „panglică” cea mai bună are pierderi mai mari decât linia cu aer. Tipul vechi de „panglică” are atenuarea de 0,18 dB la 30 m la 3,5 MHz ca linie acordată, și crește la 1,55 dB la 144 MHz, ea crescând mult pe timp urmed.

Tipul de panglică cu „fante” are performanțe mai bune fiind pe jumătate cu aer și elimină apa mai repede. El are lungime fizică mai mică decât a liniei cu aer.

2.1.3. Factorul de scurtare al liniilor

Inductanța și capacitatea proprie conductoarelor, distribuită de-a lungul liniei mărește factorul de scurtare. Dielectricul dintre conductoare joacă un rol important în acest factor. Efectul este reducerea vitezei unde și lungimea fizică a liniei este ceva mai mică decât lungimea electrică. Factorul de scurtare este important numai la anumite tipuri de antene, de exemplu acelea care au nevoie de linii în $\lambda/4$ (stuburi).

Astfel de stuburi se folosesc la antena cu patru elemente colineare din Fig. 21, care va fi descrisă mai târziu. Liniile paralele cu aer [scăriță] au un factor de scurtare de 0,975, ceea ce înseamnă că un stub în $\lambda/4$ pentru 7 MHz este cu 25 cm mai scurt decât $\lambda/4$ în spațiul liber.

2.1.4. Reactanța

Liniile acordate pot prezenta la intrare o reactanță inductivă sau capacitivă în funcție de frecvență; lungimea liniei și lungimea antenei. Pentru o antenă dată, reactanța la intrarea fiderului acordat este alta în fiecare bandă. Folosirea unui transmatch este esențială când se folosește o antenă cu fider acordat. În majoritatea cazurilor transmatch-ul poate să compenseze reactanța de la intrarea fiderului, dar din păcate nu există un transmatch capabil să facă față unei game infinite de impedanțe și reactanțe. De aceea, în practică, se folosesc anumite lungimi ale antenei și fiderului. O antenă care pare imposibil de adaptat într-o bandă poate fi acordată [cu transmatch-ul] dacă se adaugă sau se scoate o porțiune de fider.

Louis Varney, G5RV, a sugerat că lungimile care sunt multiplu impar de $\lambda/8$ (adică o latură a antenei plus latura liniei acordate) trebuie evitate deoarece dau probleme cu reactanța. În tabelul 4 se dau aceste lungimi care trebuie evitate la proiectarea antenei multiband alimentată la centru cu linia acordată.

2.2. Antena dublet de bază

Acest tip de antenă multiband este probabil cea mai folosită de radioamatorii care o pot monta departe de casă, televizoare și alte aparate deranjate de câmpul electromagnetic. Ea nu necesită priză de pământ sau radiale dar nu poate fi conectată direct la transceiver. Un transmatch este obligatoriu la această antenă. Unii autori sugerează că un balun 4:1 conectat între transceiver și fider asigură funcționarea. Aceasta este o greșală deoarece reactanța prezentată de fiderul acordat produce supraîncălzirea balunului sau distrugerea lui, în una sau mai multe benzi. Balunul se poate folosi numai pe fideri adaptați (cu undă călătoare), nu și pe fideri cu unde staționare.

Tabelul 4: Lungimi care trebuie evitate când se proiectează antena dublet multiband cu fider acordat.

Banda	Lungimea totală (jumătatea orizontală + lungimea fiderului)							
1,8/1,9	56,38 m	93,70 m	131,00 m					
3,6	29,26 m	48,76 m	68,27 m					
7	15,00 m	25,14 m	35,20 m	45,26 m				
10,1	10,50 m	17,52 m	24,53 m	31,26 m				
14,15	7,54 m	12,57 m	17,60 m	24,15 m	27,66 m	32,68 m		
18,1	5,94 m	9,90 m	13,86 m	17,83 m	21,79 m	25,75 m		
	29,71 m	33,68 m						
21,2	4,95 m	8,22 m	11,58 m	14,85 m	18,13 m	21,48 m		
	24,68 m	28,04 m	31,39 m	34,74 m				
24,94	4,26 m	7,11 m	9,96 m	12,80 m	15,64 m	18,51 m		
	21,33 m	24,17 m	27,05 m	29,87 m				
29	3,65 m	6,09 m	8,53 m	10,97 m	13,41 m	15,84 m		
	18,28 m	20,72 m	23,16 m	25,60 m	28,04 m	30,48 m		

Antena dublet dată în Fig. 17 este foarte simplă, singura problemă

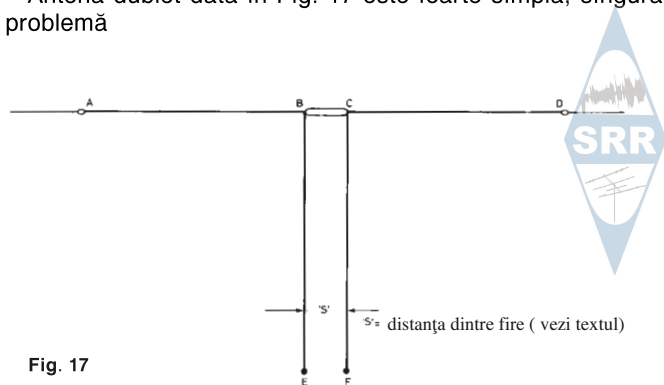


Fig. 17

fiind evitarea lungimilor date în Tabelul 4, prezentând o latură a antenei plus lungimea fiderului acordat. Antena este simetrică și laturile ei trebuie să fie egale, ca și conductoarele

liniei: $AB = CD$ și $BE = CF$. Antena nu trebuie să aibă o anumită lungime de rezonanță (ca dipolul în $\lambda/2$) ci poate avea orice lungime potrivit spațiului disponibil. Totuși se recomandă o lungime minimă de $\lambda/4$ la frecvența cea mai mică de lucru, pentru a fi un radiator eficient.

Restul de $\lambda/4$ lipsește din antenă, este ascuns în ultima porțiune $[\lambda/8]$ a liniei acordate, imediat lângă antenă, dar nu radiază, curenții având sensuri opuse. Eficiența antenei la această frecvență este redusă, dar ea se acordează și funcționează.

Astfel de antenă a folosit autorul cu 40 de ani în urmă când locuia la oraș și nu dispunea de grădină. Antena avea doar 9 m, dar cu 75 W se primeau controale bune în 7 MHz din Europa și chiar din SUA. Antena era întinsă între două hornuri și avea doar 8 m înălțime față de sol.

2.3. Diagrame de radiație.

Dacă antena dublet are lungimea de 30,5 m., ea lucrează bine în toate benzile, 3,5 până la 28 MHz și scurtcircuitând conductoarele fiderului la capătul de jos, ea se poate acorda față de pământ și în 1,8 MHz unde poate fi eficientă. Diagrama de radiație în plan orizontal în: 3,5 MHz va fi similară cu a dipolului în $\lambda/2$. În 7 MHz va fi similară cu cea a dipolului format din doi dipoli în $\lambda/2$ sinfazați, colineari; în 14 MHz va fi similară cu cea a antenei în $3\lambda/2$ (cu 6 lobi de radiație); la frecvențe mai mari va fi similară cu diagrama [cu multilobi] a antenei Long wire [LW, fir lung]. Diagrama în 14 MHz, suprapusă peste harta azimutală a globului centrată pe Anglia se dă în Fig. 18.

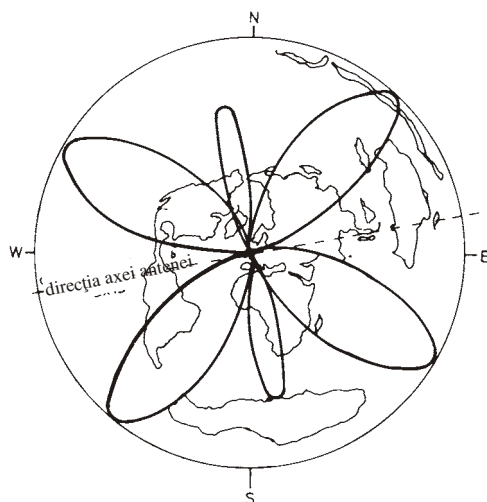


Fig. 18: Diagrama de radiație în plan orizontal a antenei dublet lungă de $3\lambda/2$ aflată la înălțimea de cel puțin $\lambda/2$ deasupra pământului. Harta azimutală a globului demonstrează acoperirea mare care se poate obține cu această antenă simplă.

Fig. 18 arată că o bună acoperire a lumii este posibilă montând antena aproximativ pe direcția Est-Vest. Dacă direcția antenei este Nord vest - Sud est, lobi mari acoperă Australia, Africa de Sud și America Centrală. Desigur, diagrama de radiație nu se obține de aceeași formă dacă antena este frântă. De asemenea, pentru a obține o radiație la unghi mic în plan vertical, necesară la lucrul DX, antena trebuie să fie la înălțimea de minim $\lambda/2$ deasupra pământului, la frecvența de lucru. În 14 MHz aceasta înseamnă minim 9 m. În 3,5 MHz înălțimea de 18 m reprezintă doar $\lambda/4$ și majoritatea radiației va fi la unghiuri mari, convenabile comunicațiilor la distanțe mici.

Tabelul 4 arată că folosind o antenă dublet cu laturi de 15,2 m și fider acordat lung de 16,4 m apar puține dificultăți cu reactanța în majoritatea benzilor de radioamatori. Există desigur multe alte combinații de lungimi ale antenei și fiderului care pot fi alese potrivit spațiului disponibil.

2.4. Două antene în $\lambda/2$ în fază (colineare)

Dacă antena dublet este formulată din două laturi lungi de $\lambda/2$, ea devine o antenă colineară cu câștig față de dipol. Diagrama de radiație este similară cu aceea a dipolului, dar „8”-ul este mai alungit iar radiația de-a lungul antenei este mai redusă. Câștigul teoretic este 1,9 dB față de dipol. Pentru a obține un câștig mai mare de la doi dipoli colineari în fază, ei trebuie îndepărtați la $0,45\lambda$ (între capetele vecine), și alimentați în fază cu fideri separați [de aceeași lungime]. Astfel câștigul devine 3,3 dB față de dipol. Antena are o lungime considerabilă, cel puțin 30 m în 14 MHz. Din fericire există o variantă mai simplă, și eficientă, care are aproape același câștig, numită antena „Dublu Zeppelin extinsă”.

2.5. Antena „Dublu Zeppelin extinsă”

Alungind antena dublet cu două laturi în $\lambda/2$ în fază, cei doi dipoli în $\lambda/2$ se îndepărtează. Când fiecare latură are lungimea de $0,64\lambda$, distanța dintre capetele lor „vecine” este $0,28\lambda$. În acest moment câștigul este cca 3 dB față de dipol, ceea ce înseamnă dublarea puterii emițătorului.

În Fig. 19 se dă antena dublu Zepp extinsă. Se observă că în porțiunile B și C curenții au faze [direcții] opuse curenților din cei doi dipoli. De aceea diagrama de radiație (Fig. 20) prezintă 4 lobi mici cu unghiuri de 35° față de conductorul antenei.

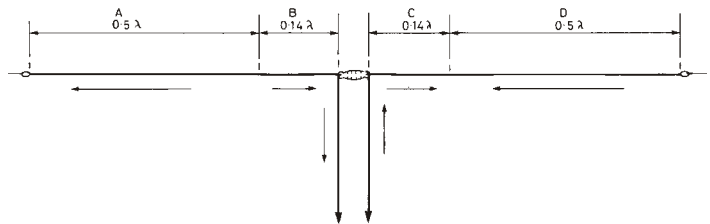


Fig. 19: Principiile de proiectare a antenelor dublu Zepp extinse.

Dimensiunile antenelor dublu Zepp extinse sunt date în tabelul 5.

Tabelul 5 - dimensiunile pentru antena dublu Zepp extinsă

Frecvența MHz	$0,5\lambda$	$0,14\lambda$	lungimea A + B
7	20,34 m	5,63 m	26,00 m
14,2	9,98 m	2,74 m	12,64 m
21,2	6,70 m	1,82 m	8,53 m
28,5	5,00 m	1,37 m	6,40 m

Un avantaj al acestei antene este că ea funcționează bine și în alte benzi, dar nu ca dublu Zepp extins ci ca dublet.

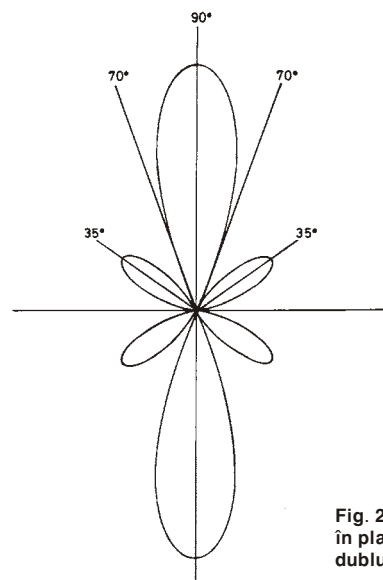


Fig. 20. Diagrama de radiație în plan orizontal a antenei dublu Zepp extinsă



Varianta pentru 14 MHz are lungimea totală de 25,29 m și lucrează în 7 MHz ca dipol în $\lambda/2$ „alungit”. Chiar și în 3,5 MHz, unde antena este mai scurtă cu 16 m decât dipolul complet în $\lambda/2$, ea radiază încă eficient.

2.5.1. Reflectori pentru antena dublu Zepp extinsă

Dacă o pereche de reflectori filari sunt montați în spatele porțiunilor în $\lambda/2$ ale antenei dublu Zepp extinse, radiația se concentrează într-o singură direcție și câștigul crește cu aproape alți 3 dB. Câștigul total devine cca 6 dB față de dipol, ceea ce înseamnă mărirea de 4 ori a puterii. Aranjamentul necesită doi suporturi suplimentari și spațiu mai mare, dar antena este foarte utilă la lucrul sigur și permanent la DX pe o anumită direcție. Distanța dintre elementele colineare și reflectori este cca $0,15\lambda$, deci 2,97 m în 14 MHz, 1,98 m în 21 MHz și 1,46 m în 28 MHz. Reflectorii au: 10,71 m, 7,16 m și respectiv 5,33 m în cele 3 benzi. Distanța de $0,28\lambda$ dintre reflectori se poate menține cu o coardă de nailon.

2.6. Patru dipoli colineari.

Antena dată în Fig. 21 este utilă în special operatorului care are nevoie de un antenă directivă bidirecțional fix cu câștigul

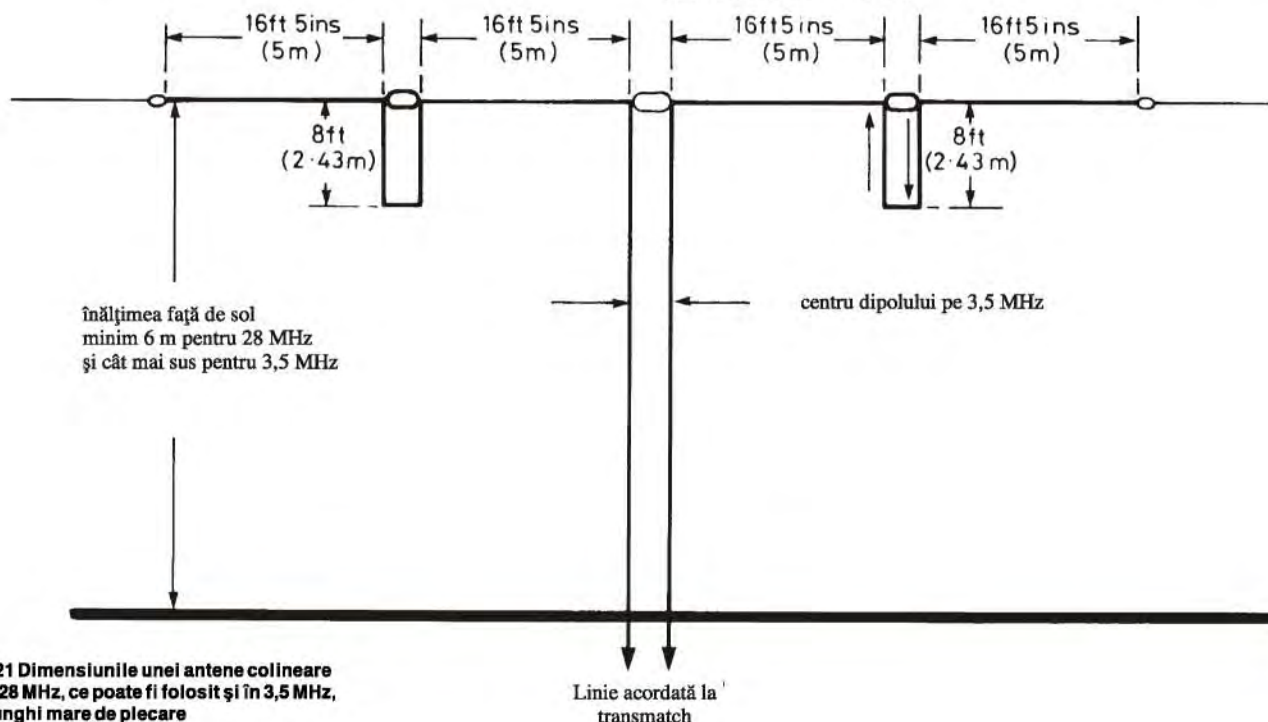


Fig. 21 Dimensiunile unei antene colineare pentru 28 MHz, ce poate fi folosit și în 3,5 MHz, dar cu unghi mare de plecare

de cca 4,3 dB față de dipol. Ea este proiectată pentru 28 MHz și lungimea totală de 21 m nu este excesivă pentru o grădină medie. Înălțimea ei față de pământ trebuie să fie doar 6 m, pentru a lucra bine în 28 MHz dar poate fi mai eficientă la înălțime mai mare, ca majoritatea antenelor, deoarece se reduce efectul de ecranare produs de clădiri și copaci. Stuburile în $\lambda/4$ măresc lungimea necesară, de conductor la 15,2 m pentru fiecare latură. În 3,5 MHz antena lucrează ca dipol scurtat, cu curentul maxim pe linia de alimentare acordată, cu 5 m mai jos de izolatorul central. Având o înălțime mică în această bandă, ea este utilă doar la comunicații locale între 150-900 km, deoarece radiază la unghi mare [în sus].

În banda de 28 MHz curenții din elementii în $\lambda/2$ sunt ținuti în fază datorită liniilor [stuburilor] în $\lambda/4$. Acestea au lungimea de 2,43 m, ținând cont de coeficientul de scurtare al liniilor paralele cu aer.

Dacă se folosește pentru stuburi linie paralelă TV de 300 Ω se va calcula lungimea lor folosind coeficientul 0,82 pentru modelul vechi și 0,87 pentru tipul nou, tip, cu fante, care va avea 2,13 m. Pentru a evita legănarea la vânt, la capetele stuburilor se leagă câte o piatră, sau se ancorează cu corzi de nailon de țărâși bătuți în pământ. Curenții în laturile stubului au direcții opuse și nu radiază.

2.7. Antena G5RV

Transceiverele moderne cu semiconductori, ale căror etaje finale se distrug ușor când lucrează cu RUS mare pe fider, sau cu circuit ALC care le blochează în aceste situații, îi determină pe mulți radioamatori, în special începători, să caute antene care se pot conecta direct la echipament. Dipolii simpli în $\lambda/2$, antenele cu trapuri, antenele verticale și directive cu mai multe elemente de obicei au fideri coaxiali de 50 Ω care se pot conecta direct la majoritatea transceiverelor, fără transmatch. Dar antena dublet multiband nu poate fi folosită fără transmatch, deoarece fiderul acordat [cu unde staționare] prezintă la capătul de jos o gamă largă de impedanțe și reactanțe în diferite benzi de radioamatori.

Louis Varney, G5RV, a proiectat antena G5RV, acum celebră, în 1946 și mulți radioamatori o folosesc în prezent, cu fider bifilar și coaxial. Din păcate rezultatele obținute cu această antenă deseori nu sunt la înălțimea așteptărilor în mai mult de două benzi.

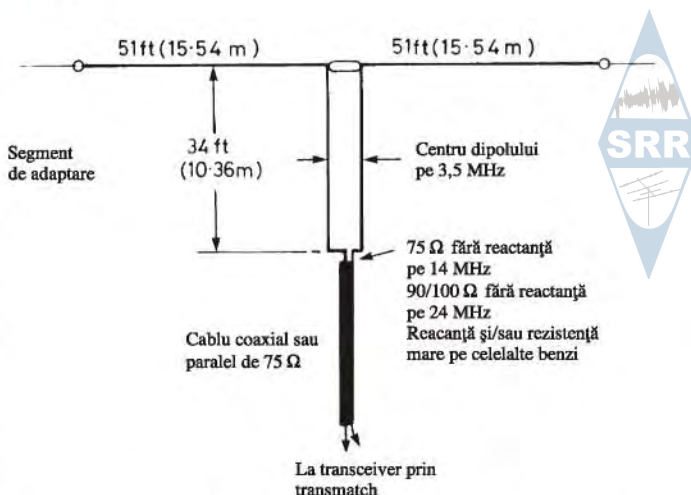


Fig.22 Antena G5RV cu dimensiunile critice și alte detalii

Louis Varney a modernizat antenna prezentată în numărul 7/1984 al revistei Radio Communications (RSGB) și a subliniat necesitatea unui transmatch între coaxial și transceiver. Spre deosebire de principii antenelor multiband, antenna G5RV nu este în $\lambda/2$ la frecvența cea mai joasă (uzual 3,5 MHz) ci este $3\lambda/2$ la 14,15 MHz. Lungimea antenei este 31,27 m, fiecare latură având 15,54 m (vezi Fig. 22). În locul unei linii paralele acordate, G5RV are o linie paralelă cu aer de 10,36 m, pentru adaptare, la care se conectează un cablu bifilar cu impedanța de 75 Ω sau un coaxial de 80 Ω . Dacă linia de adaptare este realizată din cablu bifilar TV de 300 Ω , lungimea ei este de 8,5 m (tipul vechi) sau 9,3 m (tipul cu fante), ținând cont de factorii de scurtare. Din păcate adaptarea acestei linii cu cablul bifilar sau coaxial este bună numai în 14 MHz și 24 MHz. Dacă se folosește coaxial de 50 Ω RUS în aceste benzi crește la 1,8:1.

G5RV a prezentat detaliat impedanțele prezentate la capătul inferior al liniei paralele de adaptare astfel:

3,5 MHz sarcină reactivă
 7 MHz sarcină reactivă
 10 MHz sarcină reactivă
 14 MHz sarcină rezistivă, cca 90W
 18 MHz impedanță mare, puțin reactivă
 21 MHz impedanță mare (rezistivă)
 24 MHz sarcină rezistivă, cca 90/100W
 29 MHz impedanță mare, puțin reactivă

Din cele de mai sus rezultă evident că este obligatorie folosirea unui transmatch între fiderul de impedanță mică și transceiver.

Deși există undă staționară pe fider, produsă de neadaptare, transmatch-ul prezintă transceiverului impedanța de 50 Ω . La sfârșitul descrierii antenei sale, G5RV menționează că fiderul cel mai eficient este linia paralelă cu aer, de la antenă până la transmatch. El adaugă că o linie paralelă cu aer [scăriță] lungă de 25,6 m permite acordul tip „paralel” al transmatch-ului în toate benzile.

2.7.1. Considerații practice

Mulți radioamatori folosesc cu succes antenna G5RV originală, dar autorul preferă să o alimenteze cu linie bifilară cu aer [scăriță] sau cu plastic, de 300 Ω , tip TV, care împreună cu un transmatch permite lucrul cu performanțe în toate benzile. Antena G5RV originală restrânge lucrul eficient la câteva benzi, dar chiar și în acelea este necesar un transmatch. Antena dublet de bază nu are dimensiuni critice, singura cerință critică fiind simetria, deci cele două laturi să fie egale. Antena G5RV are lungimea de 31,27m, în timp ce antena dublet poate avea orice lungime permite spațiul disponibil [dar nu sub $\lambda/4$ la frecvența minimă folosită].

Dacă se folosește coaxial, greutatea lui coboară mult centrul antenei și ar trebui susținut cu ceva, antena devenind V întors.

Prin aceasta diagrama de radiație se modifică, iar antena se dezacordează. ZS6BKW a constatat că un efect al transformării antenei sale în V întors a fost modificarea frecvenței de rezonanță.

În 14 MHz această frecvență a coborât cu 50 kHz (schimbare cu 0,3%) când unghiul dintre laturile antenei a ajuns 120°, și încă 50 kHz când unghiul a ajuns 85° (cel mai ascuțit unghi acceptabil la V întors). Orice antenă dublet de bază poate fi transformată în V întors [căci oricum lungimea ei este oarecare, nerezonanță], deoarece transmatch-ul va compensa dezacordul antenei. Antena dublet din principiu nu rezonază în vreo bandă [decât dacă vrem noi] deci înclinarea laturilor nu creează probleme. Dacă maximul de curent este în centrul antenei sau aproape de el, antena va fi foarte eficientă. Dacă spațiul este mic, capetele antenei orizontale se pot frânge în jos, simetric, pentru a păstra

simetria. În cazuri disperate, capetele se pot frânge în plan orizontal, dar asimetria duce la radiația liniei paralele și probleme TVI.

Dacă fiderul coaxial este corect adaptat la ambele capete nu are unde staționare. În acest caz coaxialul poate fi îngropat fără a-i afecta funcționarea. Aceasta poate fi utilă când antena este departe de stație, dar coaxialul antenei G5RV nu trebuie niciodată îngropat, deoarece lucrează cu unde staționare, nefiind adaptat. El trebuie ținut departe de obiecte metalice sau mari, în aer. Studiul antenei G5RV arată că ea are avantaje mici și autorul recomandă folosirea liniei acordate unice între antenă și transmatch, pentru ca majoritatea puterii să fie radiată, în toate benzile.

2.8. Proiectarea asistată cu programul de calculator ZS6BKW

ZS6BKW a realizat un program de calculator pentru determinarea lungimilor optime și impedanțelor liniei de adaptare ale antenei G5RV. El a urmărit adaptarea cât mai bună cu coaxialul de 50 Ω pentru a fi mai utilă utilizatorilor de echipamente moderne. S-a constatat că adaptare bună, cu RUS mici se pot obține în 5 benzi de amatori.

Lungimea clasică de 31,1m a antenei G5RV a fost redusă la 27,9 m iar linia de adaptare a fost lungită de la 10,37 m (la 13,6 m.- multiplicat cu același factorul de scurtare,). Această linie trebuie să aibă neapărat 400 Ω , cu aer [scăriță]. Ea constă din două conductoare ϕ 1,15 - 1,29 mm paralele, la distanța de 25 mm.

Antena ZS6BKW are următoarele valori ale RUS:

3,65 MHz	11,8 : 1	rău
7 MHz	1,8 : 1	bun
10 MHz	88 : 1	foarte mare
14 MHz	1,3 : 1	bun
18 MHz	1,6 : 1	bun
21,2 MHz	67 : 1	foarte mare
24 MHz	1,9 : 1	destul de bun
29 MHz	1,8 : 1	bun

Antena ZS6BKW are RUS acceptabil în 5 benzi, ceea ce este un progres față de antena G5RV, dar nu se poate folosi fără transmatch.

2.9. Câteva considerații practice

Poate fi o impresie, dar Insulele Britanice au parte în fiecare an de vânturi tot mai mari, cu zile calme tot mai puține. Aceasta înseamnă că antenele sunt scuturate o mare parte din timp, dacă nu s-au luat măsuri din construcție pentru a evita „obosirea metalelor”. Cablul lițat izolat este ieftin și ușor de procurat, și există tentația de a-l folosi la antene, dar rezistă doar câțiva ani. Legănarea permanentă a antenei produce ruperea conductorului, dar nu și a plasticului. Întreruperea este greu de găsit și reparat.

Sârma “tare” de cupru monofilă ϕ 1,22 - 1,62 mm este mult mai bună pentru antene și linii paralele cu aer, deși este mai scumpă, dar rezistă mulți ani, chiar 30 de ani. Cablul bifilar de 75 Ω este special predispus la întreruperi dacă e lăsat să se lege liber. (3)

2.9.1. Conexiunea din centrul antenei.

Antena este de obicei întreruptă în locul de conectare a fiderului. Fiderul atârână și se leagă la cea mai ușoară briză, producând „oboseala” locului de legătură. Aranjamentul obișnuit este cel din Fig. 23 a. Aici izolatorul central este din sticlă pyrex sau ceramică glazurată. Conductoarele antenei și fiderului se răsucesc și se cositoresc. Cositorul și conductorul antenei se oxidează rapid, și fiind din metale diferite (plumb, staniu, cupru) apar probleme.

Rezistența conexiunii crește și aici curentul RF fiind mare,

produce pierderi. Mai rău este când conexiunea se comportă ca o diodă semiconductoră care produce armonici foarte multe, până în UHF. Apar probleme TVI greu de depistat și remediat.

Folosind ca izolator central o placă subțire izolantă [sticlotextolit] cu găuri (Fig. 23b) se poate realiza antena și fiderul din același conductor neîntrerupt, fără răsuciri și cositoriri. Este bine ca placa să aibă suprafețe lucioase.

Linile paralele de 300 Ω în plastic dau probleme, deoarece conductoarele lor lițate se rup la întinderi și îndoiri repetate.

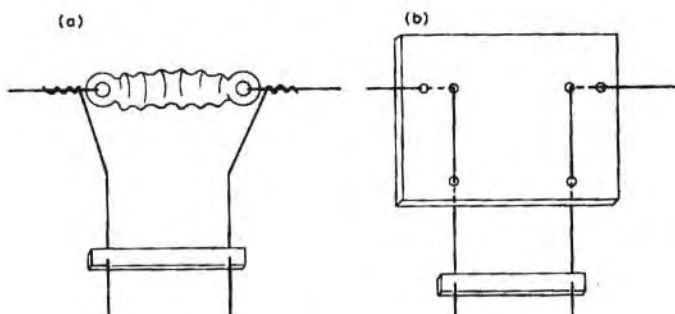


Fig. 23. (a): Conectarea fiderului la antena dublet prin răsucire și cositorire la izolatorul central. (b). Placa izolatoare care permite folosirea unor conductoare neîntrerupte.

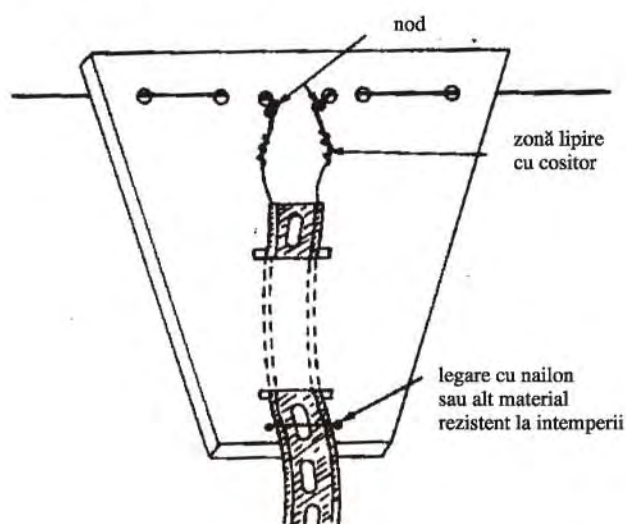


Fig. 24. Un izolator de centru și modul de prindere pentru cablu panglică de 300 Ω

2.10. Construcția liniei paralele cu aer

A fost o vreme când se putea cumpăra linie bifilară cu aer gata construită. În prezent nu se mai găsește din cauza costului de realizare, și ea trebuie realizată de radioamator. Majoritatea articolelor în care sistemul antenei folosește fideri paraleli cu aer dau indicații de construirea lor.

Distanțierii sunt întotdeauna o provocare pentru ingeniozitatea realizatorilor, mergând de la bigudiuri din plastic la benzi din butelii de plastic. Înainte de era plasticului, înaintea celui de-al doilea război mondial, distanțierii erau deseori realizați din bețișoare de lemn fierte în parafină. Se găseau și distanțieri din ceramică glazurată dar erau scumpi și grei.

Autorul realizează distanțierii din rigle de perspex [eventual rigle școlare din polistiren tăiate la dimensiunea necesară] de 130x6mm, late de 18mm. Dacă sunt scurți de 25-30mm, drumul scurgerilor de curent se scurtează și depunerile de praf, funingine și murdărie creează probleme pe timp umed.

Dacă conductoarele sunt subțiri este nevoie de mai mulți distanțieri ceea ce mărește pierderile în dielectric ale liniei. Se recomandă diametrul de 1,22 mm sau mai bine 1,6mm, emailat, folosit fără înădire pentru antenă și linie, din "cupru tare". Mai puțini distanțieri înseamnă o linie mai ușoară, suportată de antenă.

2.10.1. Realizarea liniei

Cele două conductoare egale se leagă de un punct fix. Se introduc toți distanțierii pe la capătul liber. Apoi se fixează capetele libere de un al doilea punct fix. Se distribuie distanțierii la distanțe de cca. 45cm între ei. Găurile de la capetele distanțierilor trebuie să fie destul de largi.

Pentru fixarea distanțierilor pe linie se folosesc bucăți de conductor, indicate cu săgeți pe Fig. 25. În loc de găuri distanțierii pot avea fante (Fig. 25b.) care permit adăugarea [sau înlocuirea] de distanțieri. O metodă de fixare a distanțierilor din termoplastice este încălzirea conductoarelor liniei cu un curent mare și pătrunderea lor în plastic. La conectarea cu antena trebuie evitați "cârceii" pe conductoare. Pregătirea antenelor dublet și liniilor în cameră este dificilă, și se face afară, pe timp frumos.

Pentru a împiedica linia paralelă să se lege ea se fixează cu corzi de nailon, de preferat albastre. Curburile liniei trebuie să aibă raza cât mai mare, departe de ziduri, țevi, burlane etc. Linia trebuie să fie perpendiculară pe antenă pe o lungime de minim $\lambda/4$ la frecvența cea mai mică de lucru. Dacă linia are traseul pe sub una din laturile antenei, sistemul se va dezechilibra.

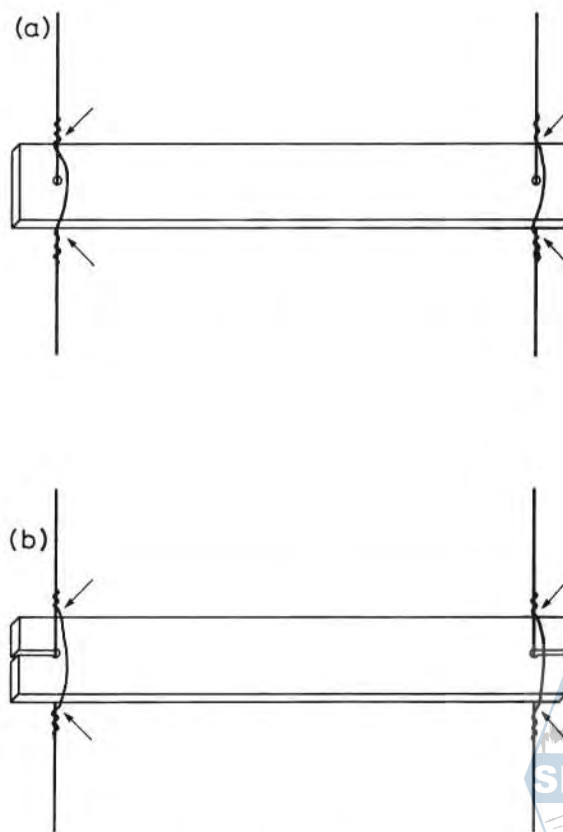


Fig. 25(a): Un distanțier are găuri pentru conductoarele liniei, care este fixată cu bucăți de conductor. (b) Distanțier cu fante la capete care poate fi fixat ușor în orice loc.

(3)
Cuprul "tare" este tot un "bronz" ca și lița pentru antene, dar nu fosforos, ci cu câteva procente de crom. Acest material este tipic pentru electrozii de sudură prin puncte sau pentru vârfuri de ciocan de lipit. În construcțiile profesionale de antene se folosește așa numitul "bimetal" care este un conductor de oțel învelit cu cupru (nu placat). Concluzia este ca este de preferat ca pentru antenele lungi să se facă rost de sârmă specială pentru antene de la "surplus militar"

ANTENE - FIR LUNG" ALIMENTATE LA CAPĂT. [LONG WIRE]

Un conductor alimentat la un capăt este probabil cea mai simplă antenă, dar ca multe alte lucruri, nu e totul așa simplu cum pare inițial. Antenele mai lungi de $\lambda/2$ alimentate la capăt lucrează ca antene Hertz și nu ca antene Marconi, care trebuie acordate față de pământ. Conceptul "Hertzian" pare să fi întors mințile unora, care preocupati de rezonanța antenei, calculează și taie antena la lungimea exactă de rezonanță. Aceasta se justifică dacă vechea alimentare tip Zeppelin se conectează la un capăt al antenei; dar când se folosește un singur conductor care merge direct la transmatch, fără nici un fider, lungimea lui poate fi oarecare. Alimentarea tip Zeppelin nu se recomandă [la capătul antenei] deoarece rezultă un sistem dezzechilibrat. Curenți egali în cele două conductoare ale liniei paralele există numai dacă antena rezonază exact în $\lambda/2$. La alte frecvențe curenții sunt inegali.

"Dud" Charman, G6CJ, proiectant profesionist de antene a constatat cu mulți ani în urmă că unele antene proiectate de el erau greșite, deoarece a folosit sistemul standard de alimentare Zeppelin. El a dat o metodă de rezolvare în "RSGB Bulletin" din decembrie 1955. Alimentarea Zepp modificată de el nu lucrează în multiband și este destul de complicată. Ea este folosită mai mult de stații comerciale la lucrul pe frecvență fixă.

3.1. Lungimea conductorului și impedanța.

Se poate constata că la capătul îndepărtat al antenei monofilare impedanța este mare. Toate conductoarele prezintă la capătul îndepărtat [de emițător], o impedanță mare, la orice frecvență. De aceea este simplu de aflat impedanța antenei lungi de $\lambda/4$ sau $\lambda/2$, alimentată la un capăt.

Anumite impedanțe sunt greu de adaptat de către transmatch, îndeosebi cele foarte mari sau foarte mici. De aceea se evită aceste situații. Antenele alimentate la capăt, cu lungimi un număr impar de $\lambda/4$ sau ceva mai mici, sunt neconvenabile, deoarece prezintă o reactanță capacitivă care trebuie compensată. Când o antenă „fir lung” alimentată

la capăt este folosită multiband, este aproape imposibil ca ea să nu prezinte reactanță în una sau mai multe benzi, dar aceasta poate fi compensată cu o bobină (dacă este capacitivă) sau cu un condensator (dacă este inductivă); plasat între transmatch și capătul antenei (vezi Fig. 28.).

3.2. Unele avantaje ale antenelor „fir lung”

Spre deosebire de dipolii colineari (cap. 2) care au porțiuni în $\lambda/2$ alimentate cu curenți în fază, antena „fir lung” cu lungimea $2\lambda/2$ sau mai mare, are porțiuni de $\lambda/2$ parcurse de curenți contrari [în antifază].

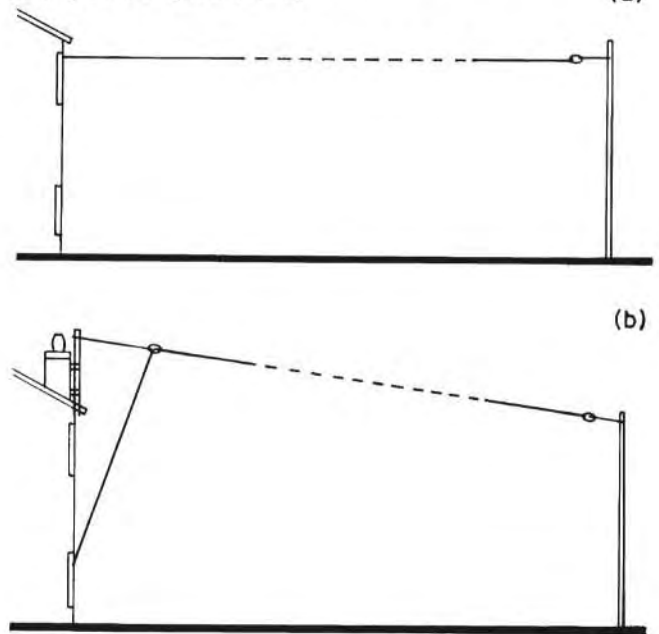


Fig. 27

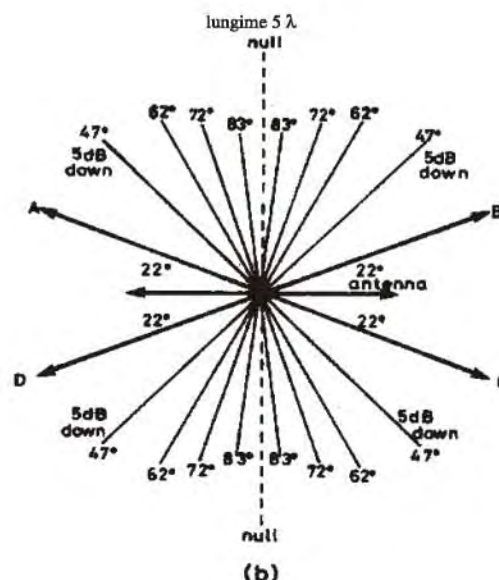
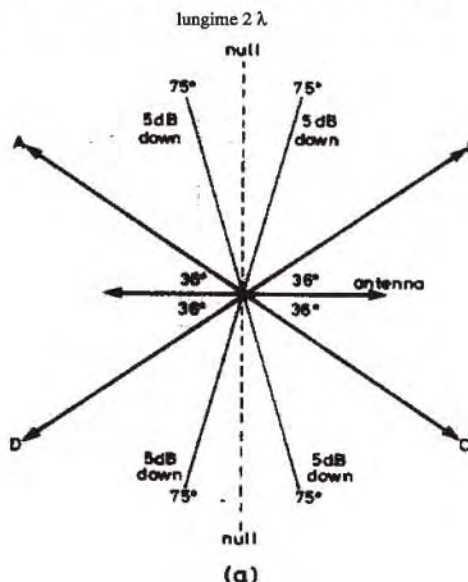


Fig. 26:
(a) Diagrama schematică de radiatie în plan orizontal a antenei „fir lung” cu lungimea 2λ .
(b) Antena „fir lung” de 5λ are cei patru lobi principali mai apropiați de conductori și mai mulți lobi principali



Dacă antena este foarte lungă, curenții în porțiunile de $\lambda/2$ sunt din ce în ce mai mici spre capătul îndepărtat. Antena „fir lung” are diagrama de radiație complexă, cu mulți lobi, spre deosebire de diagrama cu doi lobi ai antenei colineare. Cu cât antena este un fir mai lung, comparație cu λ , cu atât lobiile cei mari se apropie de antenă. De asemenea crește numărul de lobi mici îndreptați în alte direcții.

Figura 26a arată schematic diagrama de radiație în plan orizontal a unui Fir lung 2λ orizontal. Cei patru lobi principali notați cu A, B, C, D au puterea cu 5 dB mai mare decât cei patru lobi mici. Când lungimea antenei crește la 5λ (Fig. 26b), cei 4 lobi principali se apropie la un unghi de 22° de antenă, și apar 16 lobi mici mai slabi cu 5-10 dB față de lobiile principali.

Toate antenele „fir lung” au radiație minimă pe direcția perpendiculară pe antenă. Dacă antena „fir lung” are înălțimea de minim $\lambda/2$ deasupra pământului la frecvența cea mai mică (de obicei 14 MHz), radiația în plan vertical este la unghiuri mici față de sol, de obicei $10-15^\circ$. Antena „fir lung” de 5λ are câștigul de 4 dB față de dipol la lobiile principali, iar la 10λ are 7,4dB, lobiile fiind mai apropiați de antenă. Antenele „fir lung” de 10λ și mai mult radiază, mai mult spre capete, care trebuie orientate în direcțiile dorite. Comparând prețurile plătite pentru decibeli, antena „fir lung” este avantajoasă față de antena directivă, dar din păcate nu poate fi rotită. Pentru a acoperi tot globul, este nevoie de mai multe antene „Fir lung” pe diferite direcții, și un teren foarte mare.

3.3. Antene „Fir lung” practice

Două variante de amplasare a antenei „fir lung” se dau în Fig. 27.

Antena din Fig. 27a este orizontală și nu are deloc sau puțină radiație cu polarizare verticală. Antena nu permite legături DX pe direcțiile perpendiculare pe conductor. În Fig. 27b antena urcă înclinat de la fereastra parterului, apoi merge puțin înclinat până la pilon.

Dacă partea aproape verticală este relativ mică (10%) din lungimea părții orizontale, performanțele nu se modifică mult, deși apare ceva radiație polarizată vertical, care face ca nulurile dintre lobi să nu mai fie adânci, eventual să apară probleme TVI. Înclinarea părții lungi a antenei micșorează unghiul de plecare al undelor înspre capătul coborât, și majoritatea radiației va fi în această direcție. Antenele „fir lung” înălțate la 9,12 m de pământ sunt foarte eficiente în 14-30 MHz, și mai slabe la DX în 7 și 3,5 MHz.

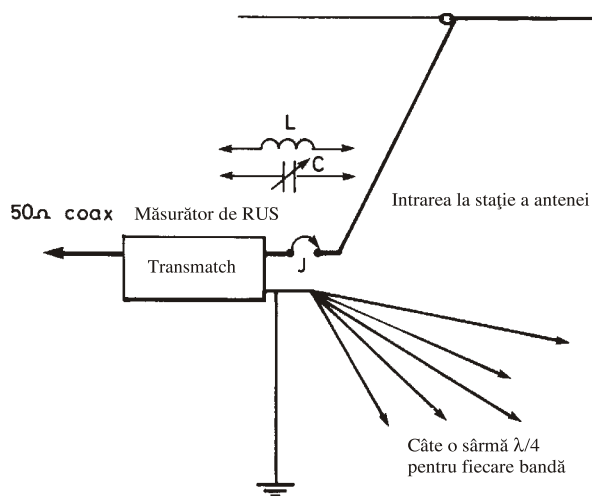


Fig. 28 (a): O antenă (fir lung) tipică și sistemul de radiale. Conectorul J este normal închis, dar dacă antena prezintă o reactanță capacitivă sau inductivă într-o bandă, el se înlocuiește cu bobina L sau condensatorul C, care anulează reactanța. (b). Radialele se pot realiza din cablu multifilar „panglică” tăiate la lungimi de $\lambda/4$.

(a)

3.4. Lungimile antenelor „fir lung”

Porțiunile lungi de λ aflate mai departe de capetele antenei „fir lung” nu sunt conectate la izolatori și nu manifestă efectul de capete. De aceea lungimea lor fizică este mai aproape de lungimea electrică din spațiul liber. Lungimile antenelor „fir lung” de până la 10λ , în 14, 21 și 28 MHz se dau în tabelul 6.

Tabel 6. Lungimi rezonante la antena fir lung			
lungimi de undă λ	14,15 MHz	21,2 MHz	28,5 MHz
1	20,66 m	13,79 m	10,25 m
2	41,86 m	27,90 m	20,78 m
3	63,00 m	42,00 m	31,30 m
4	84,25 m	56,20 m	41,83 m
5	105,40 m	70,37 m	52,35 m
6	126,60 m	84,50 m	62,87 m
7	147,80 m	98,67 m	73,40 m
8	169,00 m	112,80 m	83,90 m
10	211,40 m	140,90 m	104,90 m

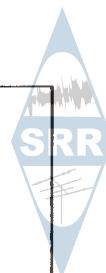
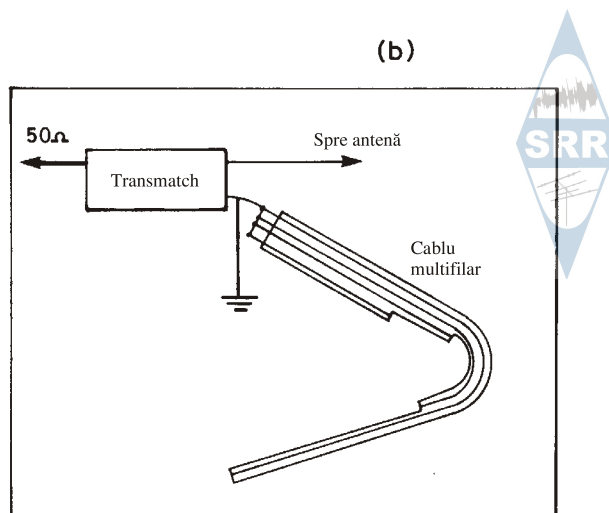
Pentru alte frecvențe lungimile se calculează cu formula:

$$L[m] = \frac{300(N-0,025)}{F [MHz]}$$

Unde N este numărul de λ ai antenei.

O antenă „fir lung” trebuie să aibă cel puțin 2λ pentru a da un câștig vizibil (cca 1,3dB) peste dipolul în $\lambda/2$, câștig care este mic până la 4λ . Doar la lungimi de 8λ și peste câștigul este simțitor, cca 6,3 dB. Unghiurile lobilor principali față de antena „fir lung” și câștigul lor, sunt:

Numărul de λ	Unghiul $^\circ$	Câștigul, dBd
1	54	0,5
1,5	42	0,9
2	36	1,3
2,5	33	1,8
3	30	2,2
4	26	3
5	22	4
6	20	4,8
7	19	5,5
8	18	6,3
9	17	6,9
10	16	7,5



direcția spre capătul îndepărtat al antenei, decât cea spre cel de la emițător. Aceasta deoarece radiația în direcția capătului îndepărtat este produsă de unda directă de energie, iar radiația înspre capătul opus este dată de unda reflectată, care este mai slabă, din cauza pierderilor de energie prin radiație și pierderilor ohmice. Deci este mai bine să se îndrepte capătul liber al antenei „fir lung” spre direcția preferată, pentru legături sau recepții.

Cu mulți ani în urmă autorul a demonstrat practic atenuarea puterii de-a lungul antenei „fir lung”, L.H.THOMAS, G6QB, a instalat o antenă cu adevărat „fir lung”, de 610 m, împrejurul terenului său de golf, la înălțimea medie de 6 m. Cu un becuțel de neon fixat în vârful unui băț de bambus s-a mers de-a lungul antenei observând maximele de tensiune.

Pe la jumătatea antenei becuțelul abia se mai aprindea, iar la capătul ei tensiunea RF era atât de mică încât se putea pune mâna. Punând la pământ capătul liber al acestei antene performanțele au rămas aceleași!

3.5. Folosirea contragreutăților

Antenele „fir lung” au proasta reputație că induc radiofrecvență în cablul microfonului și cablul de rețea și dau dificultăți transmatch-ului.

Antena radiază și cu capătul care intră în casă, dar problemele se pot rezolva folosind radiale (contragreutăți) în $\lambda/4$. Radialele asigură împământarea [potențial RF zero] transmatch-ului mult mai bine decât orice priză de pământ. O stație radio aflată la etaj poate fi afectată de problema împământării, deoarece conductorul până la priza de pământ chiar dacă este gros sau platbandă, este lung, mai ales la frecvențe mari. [se comportă ca o parte a antenei]

Tensiunea RF mare pe șasiul stației face ca echipamentul să frigă și să provoace operatorului șocuri periculoase. Diferite antene „fir lung” folosite de autor s-au „îmblânzit” complet când s-au conectat radiale la transmatch. Aranjamentul din Fig. 28a este bun pentru majoritatea situațiilor și în plus se introduce în serie cu antena, în locul scurtcircuitului J, o bobină cu prize sau un condensator variabil pentru a compensa reactanța antenei [se pot include în transmatch].

Scurtcircuitul J se folosește în acele benzi în care reactanța antenei nu este o problemă pentru transmatch. Reactanța mare a antenei face ca RUS să nu poată fi micșorat convenabil de transmatch, sau ca acordul transmatch-ului să fie foarte ascuțit. Un RUS acceptabil are valori între 1-1,5 : 1.

Radialele au lungimea de $\lambda/4$ pentru fiecare bandă, și se realizează din cablu lițat izolat. Ele se pot scoate afară prin fereastră sau se întind prin casă, pe sub șipșurile de la marginea parchetului sau sub covoare. Radialele au tensiuni mari RF la capete și trebuie bine izolate. L.A. Moxon, G6XN a descris în cartea sa „Antene de US pentru orice amplasament”, radiale foarte scurte care se aduc la rezonanță cu bobinele serie. Autorul a probat acest sistem constatând că este critic la acord, radialele scurte având o bandă de trecere mai îngustă decât cele cu lungimea $\lambda/4$. Folosirea lor este inevitabilă în 3,5 MHz unde un radial lung de 20 m este greu de întins în casă. Radialele se fac mai lungi decât arată formula și se ajustează cu DIP-metrul. DIP-metrul trebuie asistat de un receptor sau un frecvențmetru. În lipsa DIP-metrului, se vor folosi trei radiale pentru fiecare bandă, unul puțin mai scurt și altul puțin mai lung decât cel tăiat după formulă.

3.6. Contragreutăți din cablu „panglică” multifilar.

O metodă mai elegantă de realizare a radialelor pentru mai multe benzi este folosirea cablului „panglică” (curea) multifilar. Se fabrică cable „curea” cu 10, 20 și 30 conductoare, fiecare având 14 lițe de 0,013 mm din cupru cositorit și culori diferite. Folosirea acestei „curele” pentru a

realiza 4 radiale se dă în Fig. 28b.

Cablul „curea” se taie întâi la lungimea de $\lambda/4$ pentru frecvența cea mai joasă, apoi se taie și radiale pentru benzile superioare. Este bine să se îndepărteze capetele radialelor de „curea” pe o lungime de cca 15 cm pentru a evita străpungeri de tensiune la puteri peste 100 W. Acest sistem de contragreutăți se poate lesne ascunde sub carpete.

Aceste radiale nu măresc randamentul antenei, dar elimină radiofrecvența de pe șasie și problemele de adaptare ale transmatch-ului. Toate radialele se conectează la borna de pământ a transmatch-ului. Ele creează artificial o împământare foarte bună. Autorul a eliminat problemele create de RF unui filtru JF pentru recepția CW, conectând carcasa lui la un radial în $\lambda/4$, în banda unde apăreau aceste probleme.

3.7. Antene directive în „V”

Dacă 2 antene „fir lung” sunt instalate să formeze un V orizontal și se alimentează în contrafază, ele formează o antenă directivă foarte eficientă, bidirecțională, care lucrează în mai multe benzi (Fig. 29). Fiderul poate fi o linie acordată, paralelă, cu aer (sau cablu bifilar de 300 Ω folosit ca linie acordată) sau pur și simplu 2 conductoare izolate. La frecvențe joase distanța dintre ele poate fi și 2 m, fără ca linia să radieze semnificativ. [pentru a lucra între 160-10m distanța este 10-20cm] Unghiul dintre antene are cea mărime care asigură însumarea lobilor interiori și scăderea lobilor exteriori. Unghiul optim depinde de numărul de λ al antenelor astfel:

Numărul de λ	Unghiul $^\circ$
2	73
3	58
4	50
5	44
6	40
7	36
8	35

Se observă că unghiul scade lent cu numărul de λ deci se poate alege un unghi de compromis pentru câteva benzi.

O antenă în V de 5 λ în 14 MHz (cca 106,6 m) va avea un unghi de 44° . Antena va fi în 7,5 λ în 21 MHz și 10 λ în 28 MHz la care unghiul optim este 36° respectiv 32° . Unghiul de 35° este un compromis bun pentru lucrul antenei în cele trei benzi. În 14 MHz unghiul de plecare va fi ceva mai mare totuși are cca 15° față de orizont. Antena se poate folosi și în 7 și 3,5 MHz, deși are câștig mai mic și radiază la unghi mai mare, deoarece lungimea antenei exprimată în λ este mai mică iar unghiul dintre laturi este mai mic decât cel optim.

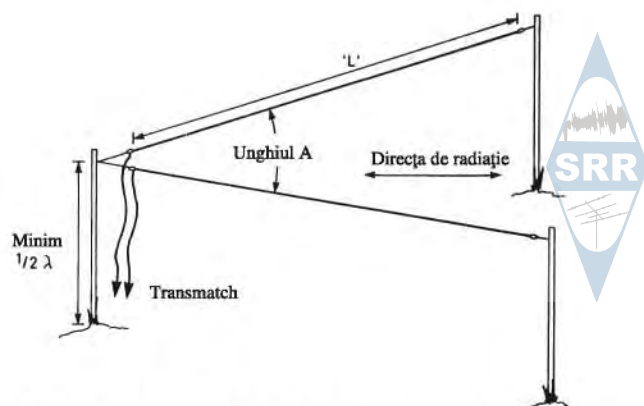
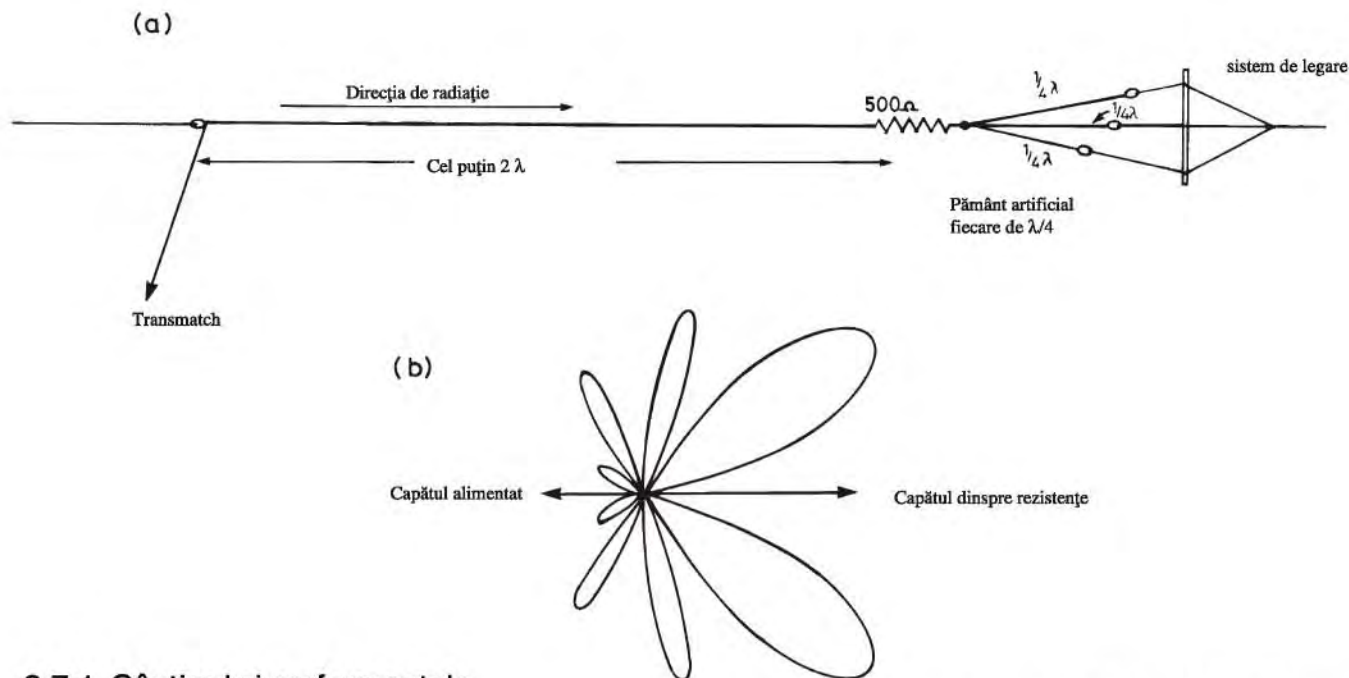


Fig. 29: Antena directivă în V simplă, bidirecțională. Dacă vârful V-ului este aproape de stație, fiderul se poate realiza din două conductoare egale. Distanța dintre ele nu este critică.



3.7.1. Câștigul și performanțele

Câștigul teoretic al antenei în V cu unghi optim este 3 dB față de o singură latură. Aceasta înseamnă un câștig de 7 dB pentru antena în V cu laturi de 5λ . În practică câștigul poate fi mai mare cu cca 1 dB datorită impedenței mutuale dintre laturi. Dacă laturile au 8λ câștigul suplimentar este aproape 2 dB iar câștigul total cca 11 dB. Un câștig atât de mare este greu de obținut cu antenă YAGI, și înseamnă o mărire de peste zece ori a puterii. Un câștig și mai mare se obține cu două antene în V etajate sau dispuse ca W. Antene atât de complexe depășesc scopul acestei cărți, ele interesând mai mult comunicațiile comerciale.

Cei trei piloni ai antenei în V trebuie să aibă înălțimea de cel puțin $\lambda/2$ la frecvența cea mai joasă de lucru. Totuși dacă înălțimea este 11-12 m (cca $\lambda/2$ în 14 MHz), în 7 și 3,5 MHz performanțele vor fi ca ale oricărei antene horizontale relativ apropiate de pământ, care radiază mai mult în sus.

Două antene în V alăturate cu laturile 91,4 m, la înălțimea de 12 m și fiderul din 3 conductoare a fost proiectat de autor și folosit la "Field day" în anii 50 cu rezultate spectaculoase. Lucrând în QRP s-au realizat legături cu Australia și Noua Zeelandă.

Deși s-au dat lungimile în λ și unghiurile optime, lungimea poate fi oarecare, ca și la antena simplă „fir lung”. Important este ca laturile antenei V să aibă aceeași lungime.

3.8. Antene „fir lung” nerezonante (cu undă progresivă).

Antena „fir lung” este rezonantă, având de-a lungul ei unde staționare. Dar dacă între capătul ei și pământ se conectează o rezistență neinductivă de valoare potrivită, antena devine nerezonantă [cu undă progresivă] și unidirecțională.

Un conductor orizontal poate fi privit ca jumătate a unei linii de transmisie, al doilea conductor fiind înlocuit de pământ. Impedanța caracteristică a liniei cu un singur conductor [și pământ], la înălțimea de 6,9 m este între 500-600 Ω . Caracteristica unidirecțională de directivitate a antenei „fir lung” a fost discutată în paragraful „antene fir lung practice” și se datorește undei reflectate slabe. Dacă se conectează la capătul antenei înspre pământ o rezistență egală cu impedența caracteristică a liniei monofilare, nu va exista undă reflectată. De-a lungul antenei va exista o undă călătoare, [progresivă] și nu undă staționară, și antena este similară unei linii de transmisie

Fig. 30 (a). Antenă nerezonantă cu rezistență la capăt, de 500W, la care se conectează radiale în $\lambda/4$ care creează pământul artificial. (b) Diagrama de radiație în plan orizontal a antenei „fir lung” terminată pe rezistență, cu doi lobi principali.

terminată pe o rezistență adaptată, dar cu o mare diferență: Datorită distanței mari dintre antenă și pământ, această „linie” va radia intens.

Aproximativ jumătate din putere se disipă pe rezistența de la capăt, în schimb radiația este unidirecțională. Datorită reciprocității, antena este directivă și la recepție. Câștigul antenei nerezonante este similar cu cel al antenei rezonante de aceeași lungime, iar lungimea trebuie să fie cel puțin 2λ . Unghiul dintre lobi principali și antenă sunt aproape aceeași ca la antena rezonantă.

În punctul de alimentare [capătul din stânga] antena prezintă o impedență de cca 500 Ω care poate fi adaptată ușor cu impedența de 50 Ω a echipamentului cu un transmatch sau un circuit în L sau în PI.

3.8.1. Proiectarea practică

O problemă în realizarea acestui tip de antenă este conductorul care leagă rezistența la pământ. Dacă rezistența se află la nivelul solului, capătul antenei care coboară vertical 9-12 m va radia omnidirecțional, și diagrama de radiație nu mai este atât de directivă. Dacă rezistența se montează sus, conductorul care coboară până la priza de pământ are o reactanță, deci rezistența nu este conectată la un potențial zero (al pământului) iar antena nu se va termina pe o sarcină pur rezistivă. O metodă de rezolvare a acestei probleme este dată în Fig. 30a. După rezistență se conectează câte un conductor lung de $\lambda/4$ pentru fiecare bandă. Aceste radiale se comportă ca un pământ artificial. [La capătul din dreapta un radial are tensiune maximă iar la capătul din stânga sinusoida unde de tensiune trece prin zero].

Rezistența nu poate suporta greutatea și întinderea antenei, de aceea montarea ei se face ca în Fig. 31.

În Fig. 31a se folosește o placă izolantă ca izolator de antenă și suport pentru rezistență sau combinația de rezistențe. În Fig. 31b, placa cu rezistențe atârână sub izolatorul antenei.

3.8.2. Rezistența

Rezistența terminală trebuie să fie capabilă să disipe aproape jumătate din putere, circa 45 W în cazul unei stații de 100W. În telegrafie puterea medie este jumătate din cea la

purătoare, deci o rezistență de 25 W este suficientă. În SSB puterea medie este chiar mai mică decât în CW, deci este suficientă o rezistență de 18-20W.

Rezistențele neinductive de mare putere sunt greu de procurat, dar se pot realiza din mai multe rezistențe legate în serie și paralel. În Fig. 31a se folosesc 16 rezistențe cu peliculă de carbon, de 2W, care dau o rezistență totală de 510 Ω și 32 W, suficient pentru o stație de 100 W în CW și SSB. Protecția la intemperii a rezistenței este foarte importantă. Acoperirea rezistențelor și terminalelor lor cu cauciuc siliconic este eficientă mulți ani, deși unii autori spun că produce coroziuni. După stabilizarea acestei substanțe, căldura produsă de rezistențe nu o degradează.

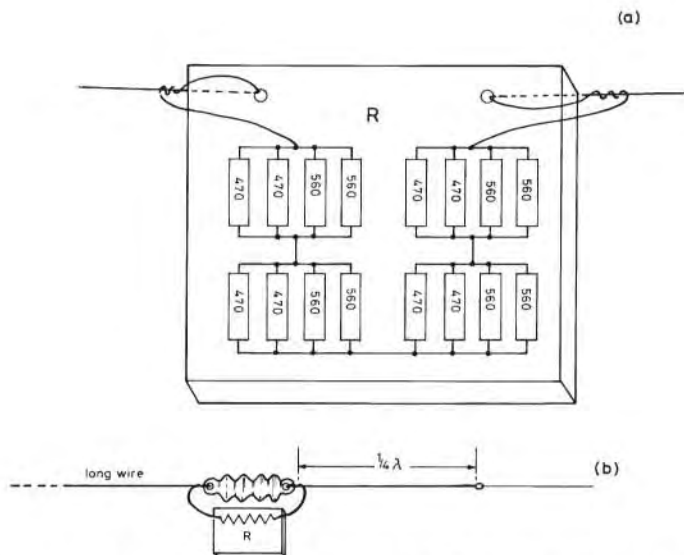


Fig. 31 (a). Rezistența neinductivă de 500 Ω este realizată din 16 rezistențe de 2 W legate în paralel și serie. (b). Dacă placa cu rezistențe este subțire, tracțiunea antenei este preluată de un izolator de antenă adevărat.

Rezistențele se pot proteja și cu o cutie din plastic sau cu bandă specială Sylglas.

3.9. Antena în V nerezonantă (cu undă progresivă)

Antena în V descrisă anterior, formată din două antene „fir lung” rezonante, egale, este bidirecțională. O antenă unidirecțională în V se poate obține din două antene „fir lung” nerezonante (Fig. 32). Folosind un singur pilon, cele două antene se pot monta înclinat, cu rezistențe la capete. Aceasta simplifică mult construcția iar câștigul este maxim în direcția bisectoarei unghiului, spre rezistențe.

Lungimea L a laturilor antenei este minim λ la cea mai mică frecvență de lucru iar pilonul trebuie să fie înalt cât 0,5 - 0,75 din lungimea firului L . Unghiul dintre conductoare este același ca la antena în V rezonantă.

Rezistențele sunt de 500 Ω și putere pe jumătate față de o singură antenă nerezonantă. Antena se poate alimenta cu fider paralel nerezonant [cu undă progresivă] cu impedanța de 500-600 Ω . El se poate realiza din două conductoare $\phi 1,3$ mm. distanțate la 7,5 cm. O variantă este montarea unui balun 9:1 la vârful antenei și folosind fider coaxial de 50 Ω . Deși va exista o mică neadaptare, pierderile sunt mici și RUS mic. Această antenă acoperă o gamă de frecvențe de cca 3:1 și are câștig de câțiva dB. Antena este bună la DX în 14-21-28 MHz dacă are laturile $L=30,5$ m, pilon de 18 m și unghiul de 80°.

Reducând dimensiunile la jumătate dar menținând unghiul de 80°, antena lucrează în 28 și 50 MHz și ocupă un spațiu mic în grădină.

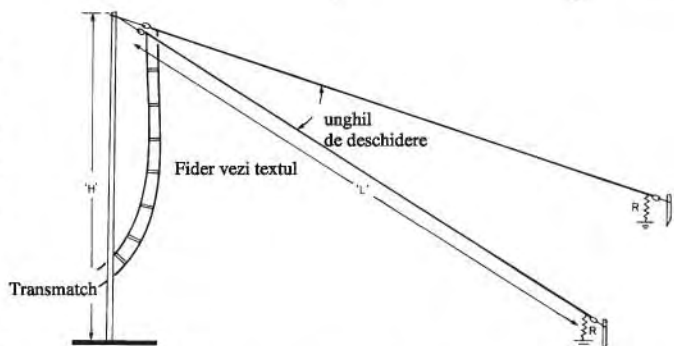


Fig. 32: Antena în V nerezonantă, terminată pe rezistențe, foarte utilă pentru lucrul la mare distanță spre o anumită zonă. Deoarece conductoarele ajung aproape de pământ, rezistențele se pot conecta direct la pământ.

3.9.1. Împământarea

Antena nu are nevoie de radiale în $\lambda/4$ după rezistențe, deoarece capetele antenei sunt aproape de pământ, în schimb este nevoie de prize de pământ bune. Nu este suficient câte un electrod de împământare bătut în pământ ci la fiecare se adaugă câte minim 6 radiale îngropate în evantai, în direcția pilonului [pe sub antenă], lungi de cel puțin 11-12m.

Rezistențele pot arăta ca în Fig. 31 și pot fi de putere 1W. În loc de pilon se poate folosi vârful unei clădiri fără o reducere importantă a câștigului, deoarece antena radiază de-a lungul bisectoarei, spre exterior. Dacă direcția bisectoarei este N-V se asigură legăturile cu America de Nord. Antena fiind legată la pământ prin rezistențele terminale, ea nu se încarcă static. La antenele „fir lung” rezonante încărcarea statică produce zgomote și tensiuni periculoase.

3.10. Antena W3EDP.

În anul 1936 radioamatorul W3EDP a realizat o antenă simplă multiband lungă de 25,9 m cu o „contragreutate” [radial] de 5,1 m care se folosește doar în unele benzi. Antena poate fi frântă dacă este nevoie și radiază aproape în toate direcțiile. Aceasta a fost prima antenă realizată de autor în 1946 la primirea licenței, într-o variantă proprie. Cu cei 25 W dați de tubul 6L6 s-a lucrat tot globul în 3,5, 7 și 14 MHz. Antena șerpuia deasupra terasei casei de pe malul mării. Nu era televiziune în acel timp și loc.

Examinând Fig. 33, antena W3EDP pare o antenă Zeppelin alimentată la capăt cu o linie lungă de 5,1 m. Linia pare inutilă, deoarece conductoarele ei nu trebuie să fie paralele.

Unul din conductoarele „liniei”, de 5,1 m se poate îndrepta în orice direcție, în exterior sau în casă, pe lângă pereți sau pe podea. În ciuda teoriei, în cele două laturi inegale ale antenei există curenți și tensiuni egale. Radialul de 5,1 m reduce radiofrecvența pe șasiul stației în majoritatea benzilor, așa cum fac radialele în $\lambda/4$ descrise mai înainte.

3.10.1. Funcționarea antenei în 5 benzi.

În banda de 3,5 MHz „contragreutatea” nu se conectează (normal se conectează conductorul prizei de pământ) și antena lucrează ca „fir lung” de $\lambda/4 + 5,8$ m. Un avantaj aici este că punctul de pe antenă unde curentul și radiația este maximă nu se află în stație ci la cca 5,8 m, undeva afară, în loc deschis. Fiind ceva mai lungă decât $\lambda/4$, impedanța antenei nu este așa de mică și este mai ușor de adaptat de către transmatch, deși are și o componentă inductivă. „Contragreutatea” se conectează în 7 MHz, unde antena este în $\lambda/2$ (în realitate este ceva mai lungă, cu cca $\lambda/8$). Impedanța nu este foarte mare și transmatch-ul o adaptează ușor. În 14 MHz antena este aproximativ în $\lambda + \lambda/4$, iar impedanța ei este mică, dar nu chiar așa mică cum ar fi dacă antena ar avea exact $\lambda + \lambda/4$ (dacă ar fi cu 15cm mai scurtă).

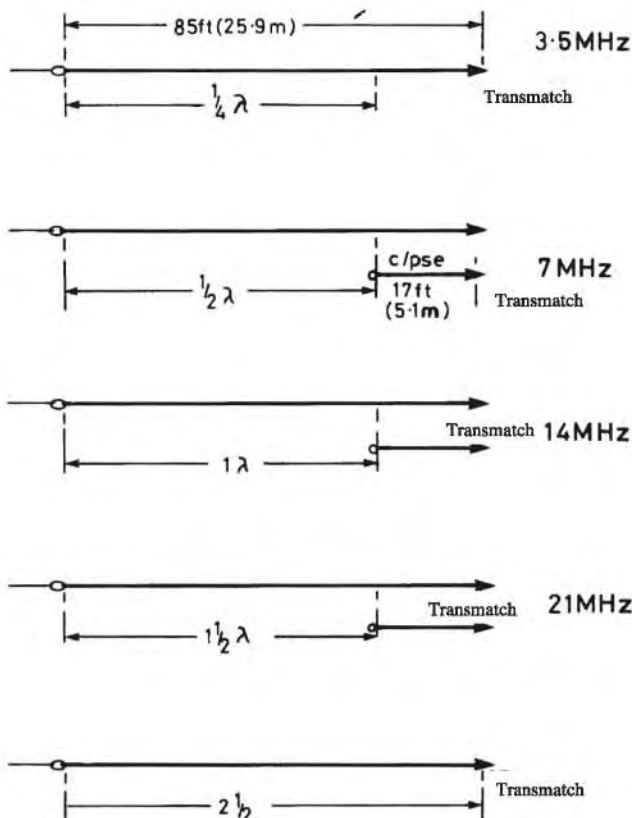


Fig. 33. Antena monofilară W3EDP. Radialul nu este nevoie să fie paralel cu antena

În banda de 21 MHz antena are $1 \frac{1}{2} \lambda + \frac{1}{8} \lambda$ și prezintă o impedanță medie, ușor de adaptat cu transmatch-ul. În 28 MHz „contragreutatea” nu se conectează, iar antena este în $2 \frac{1}{2} \lambda$ exact.

Aceasta este singura bandă unde sunt probleme de adaptare, deoarece impedanța antenei este mare. Introducând un condensator în serie între antenă și transmatch se ușurează adaptarea.

3.10.2. Avantaje

Antena W3EDP este cea mai simplă și ieftină antenă multiband și lucrează eficient chiar dacă urcă pe un traseu cotit. Ea este răspândită printre amatorii QRP care fac legături cu câțiva wați în Europa, în benzile joase. Antena este ideală pentru lucrul temporar, fiind formată din două fire lițate izolate.

Nu este nevoie de împământare iar antena poate fi agățată de creasta acoperișului, sau orice punct înalt, dacă are la capăt o bilă din plastic.

3.11. Probleme de instalare a antenelor

Aducerea până la stație a fiderului bifilar de impedanță mică sau a coaxialului nu dă probleme deoarece aceste tipuri de fideri de obicei nu au unde staționare. Ei pot trece aproape de obiecte legate la pământ fără pierderi, prin tocul ferestrei, ajungând la stație pe un traseu sinuos. Antenele „fir lung” și liniile acordate sunt însă mai pretențioase. Trecerea prin fereastră se face prin tuburi izolante, deoarece pot exista tensiuni RF mari. Tuburile pot fi de la pixuri. Trecerea conductorului neizolat prin lemn uscat produce pierderi foarte mici, dar prelingerea apei de ploaie mărește pierderile și poate ieși chiar fum. Dacă fereastra este din metal, nu se pot trece antenele fir lung sau fiderii paraleli cu unde staționare prin găuri. Se înlocuiește un geam cu plexiglas, în care se dau găuri. Găurile se dau greu în geamul din sticlă.

O metodă utilizată rar se dă în Fig. 34. Pe fețele geamului se lipesc cu superglu două plăci de cupru sau alamă, care formează un condensator în serie cu antena. Conductorul cositorit de plăci trebuie să fie lițat, elastic, și să aibă o „burtă” pentru picurarea apei de ploaie. Sticla având constanta dielectrică mare (7,6 - 8), la grosimea de 3mm, două plăci de câte 100 cm² au capacitatea de 200 pF. O suprafață de 400 cm² dă 800 pF, care permite lucrul în toate benzile.

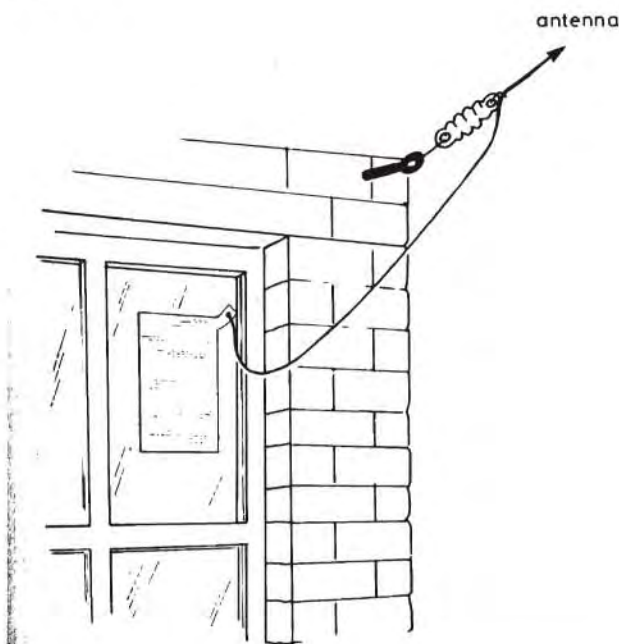


Fig. 34: Când antena nu poate intra în casă printr-o gaură, trecerea se face printr-un condensator format din două foițe de cupru lipite pe fețele geamului.

Din păcate acest condensator împiedică descărcarea sarcinilor statice de pe antenă la pământ. Pentru a permite scurgerea sarcinilor statice și descărcările bruște se realizează un panou izolat cu rezistențe cu peliculă de carbon înseriate până la valoarea de 200 KΩ, de 2 W, în paralel cu vârfuri de descărcare (Fig. 35). Rezistența fiind mare nu deranjează funcționarea antenei.

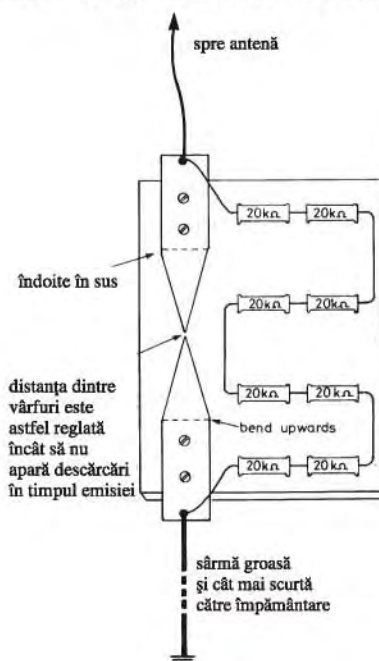


Fig. 35: Un descărcător cu vârfuri în paralel cu o rezistență de valoare mare se montează la antena din Fig. 34. Rezistența nu influențează funcționarea antenei dar oferă o cale de scurgere la pământ a electricității statice.

ANTENE "BUCLĂ" (LOOP)

Antenele în circuit închis, numite de obicei „bucle” sunt de două tipuri: bucle cu perimetrul mic în comparație cu λ și bucle cu perimetrul λ sau mai mare. Buclele mici pot fi considerate bobine cu diametru mare și în general se folosesc la recepție. Ele au o distribuție a curentului similară cu cea a bobinelor: curentul are aceeași fază și amplitudine în orice porțiune a buclei [spirei]. Pentru aceasta lungimea conductorului buclei trebuie să nu depășească $0,1\lambda$.

Buclele de emisie mici [numite și antene magnetice] sunt folosite la emisie, dar au performanțe slabe (1dB mai puțin ca dipolul, în cazul cel mai bun) și prezintă dificultăți de alimentare. Impedanța lor este câteva mii de ohmi și poate fi coborâtă la 50Ω cu o linie de transformare în $\lambda/4$. O antenă buclă adevărată are perimetrul λ sau mai mare. Toate antenele din acest capitol sunt din această categorie.

4.1. Dipoli îndoiiți

Dipolul îndoit trebuie atribuit lui Kraus W8JK și a fost dezvoltat și folosit de amatori la sfârșitul anilor 30, devenind foarte popular în anii 40. Figura 36 ajută la explicarea funcționării dipolului îndoit.

În Fig. 36 (a) se vede un dipol clasic în $\lambda/2$, săgețile indicând direcția curenților la un moment dat în cele două jumătăți. Curenții sunt în fază și radiația lor se însumează. Când se adaugă la dipol încă o porțiune de $\lambda/2$ ca în Fig. 36b, curentul din ea are direcție opusă celui din dipolul original. Aceasta deoarece de-a lungul unui conductor cu lungimea λ unda staționară de curent are o alternanță pozitivă și alta negativă.

Rabatând porțiunea suplimentară de $\lambda/2$ ca în Fig. 36c, curentul din ea capătă aceeași direcție cu curentul din dipolul original. Curenții din cei doi dipoli paraleli având aceeași fază (direcție), radiațiile lor se însumează și dau o diagramă identică cu diagrama dipolului liniar în $\lambda/2$.

4.1.1. Impedanța

Puterea aplicată dipolului îndoit este împărțită egal celor două laturi paralele, curentul având valoarea $\lambda/2$ în fiecare, adică jumătate din curentul din dipolul în $\lambda/2$ unic, deci impedanța este mai mare. Puterea are formula $P=I^2/R$, deci

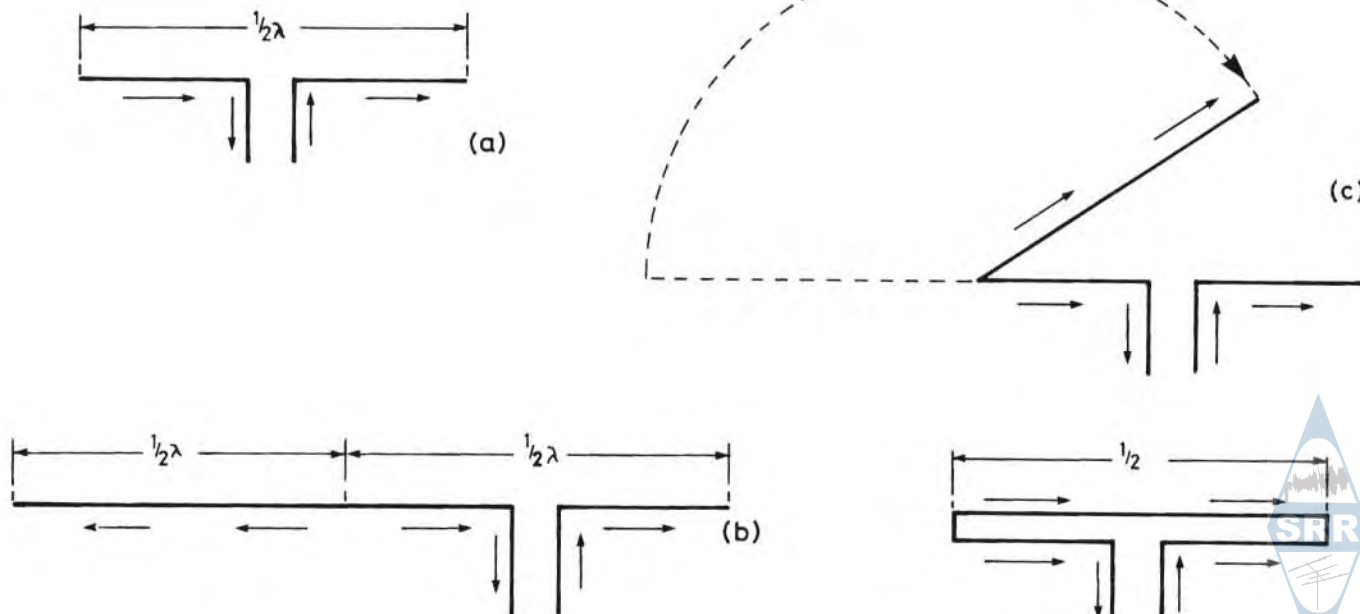


Fig. 36. (a) Direcțiile curenților în dipolul în $\lambda/2$ la un moment dat. Curenții în cele două jumătăți ale firului sunt în fază (b). Curentul în porțiunea suplimentară de $\lambda/2$ adăugată dipolului în $\lambda/2$ are sens invers. (c) Dacă porțiunea suplimentară de $\lambda/2$ este rabatată, curentul din ea nu mai este invers față de curentul din dipolul alimentat. (d) Conectând capătul porțiunii rabatate cu capătul dipolului (în partea dreaptă), curenții au același sens (fază), fiecare latură având jumătate din curentul total.

dacă curentul a scăzut de două ori, impedanța a crescut de 4 ori. De exemplu, aplicând unui dipol liniar în $\lambda/2$, puterea de 280 W, la impedanța lui de 70Ω curentul este de 2A: $280\text{ W} = (2\text{A})^2 \cdot 70\Omega$. Aplicând aceeași putere unui dipol îndoit curentul este de 1A iar impedanța este 280Ω ; $280\text{ W} = (1\text{A})^2 \cdot 280\Omega$.

Impedanța de 280Ω a dipolului îndoit este apropiată de impedanța caracteristică a liniei bifilare de 300Ω , care se

poate folosi ca fider de alimentare suficient de bine adaptat, RUS având o valoare mică.

Dacă se adaugă un al 3-lea conductor la dipolul îndoit (Fig. 37), curentul se va împărți în 3 curenți iar impedanța antenei va fi de 9 ori mai mare decât impedanța dipolului liniar în $\lambda/2$, adică 630 Ω . Antena cu 3 dipoli în paralel se adaptează bine cu un fider bifilar de 600 Ω , care se poate realiza din două conductoare de $\phi 1,3\text{mm}$ paralel, distanțate la 75 mm.

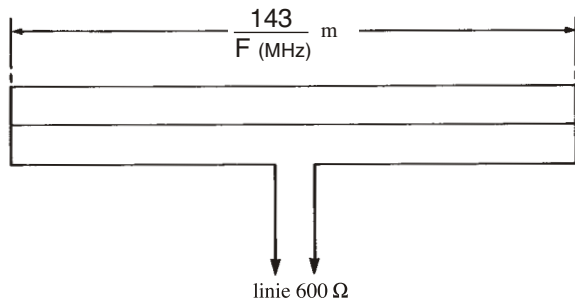


Fig. 37. Dipolul îndoit cu 3 conductoare. Dacă ele au diametre egale, curentul total se împarte egal la 3. Impedanța antenei este de 9 ori mai mare decât a dipolului în $\lambda/2$ clasic ($9 \times 75\Omega = 675\Omega$) și apropiată de impedanța unei linii de 600 Ω .

Un dipol îndoit cu 4 conductoare are impedanța de 1120 Ω , de 16 ori mai mare decât impedanța dipolului simplu. Impedanțele dipolilor îndoii cresc cu pătratul numărului de conductoare numai dacă au diametre egale și sunt în același plan.

Impedanța crește în alte proporții când diametrele și distanțele variază, diagramele fiind date în « The ARRL Antenna Handbook ».

4.1.2. Lungimea la rezonanță

Dipolul îndoit format din două conductoare la distanța de câțiva centimetri are lungimea la rezonanță egală cu dipolul simplu, liniar, conform formulei $L = 142,65 / F(\text{MHz})$ (vezi Fig. 38a). Totuși, dacă antenna este realizată din linie bifilară de 300 Ω sau cablu bifilar, trebuie ținut cont de factorul de viteză [de scurtare] al dielectricului. Linia de 300 Ω de tip vechi are $K=0,8$ iar linia de tip nou, cu fante are $K=0,87$.

Lungimea la rezonanță calculată cu formula de mai sus trebuie înmulțită cu factorul de scurtare. Antena va avea o lungime mai mică și se aduce la rezonanță cu bucăți de conductor adăugate la capete (Fig. 38b). În tabelul 7 se dau lungimile calculate pentru ambele tipuri (cu și fără fante), pentru benzile de radioamatori.

Tabelul 7

Dimensiunile antenei dipol repliată confecționată din panglica de 300 Ω

Banda	panglică cu găuri	panglică fără găuri	dipol conform formulei de calcul
3,5 MHz	34,44 m	31,69 m	38,62 m
7 MHz	17,72 m	16,30 m	20,37 m
10,1 MHz	12,28 m	11,29 m	14,12 m
14,15 MHz	8,76 m	8,06 m	10,07 m
18,1 MHz	6,85 m	6,30 m	7,87 m
21,2 MHz	5,85 m	5,37 m	6,72 m
24,94 MHz	4,97 m	4,57 m	5,71 m
29 MHz	4,27 m	3,93 m	4,91 m

Un avantaj al dipolului îndoit este factorul de calitate Q mai mic decât al dipolului liniar, deci o bandă de trecere mai largă, mai plată.

Dipolul îndoit nu funcționează pe armonicele pare (2, 4, 6 etc.) deoarece curenții în cele două conductoare au sensuri contrare și radiațiile lor se anulează. Pe armonicele impare (3, 5, 7 etc.) curenții sunt în fază și antena radiază, având

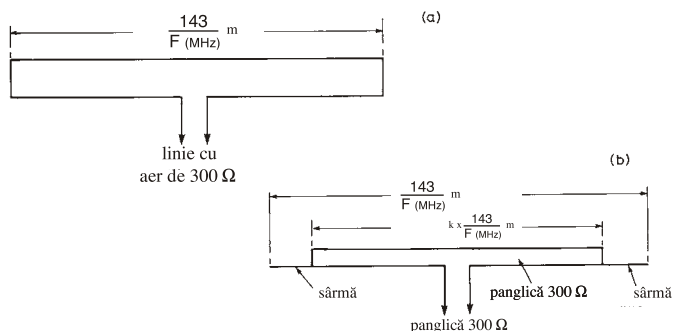


Fig.38 (a). Dimensiunea dipolului îndoit cu conductoare distanțate la 150-300 mm. (b) Când dipolul îndoit este realizat din linie bifilară de 300 Ω se ține cont de factorul de scurtare la calcularea lungimii. Ajustarea lungimii de rezonanță se face cu bucăți scurte de conductoare adăugate la capete. Factorul K este 0,8 la linia de tip vechi și 0,87 la linia de tip nou, cu fante.

impedanțe apropiate de 300 Ω . Diagrama de radiație va fi asemănătoare diagramei dipolului lung de $3\lambda/2$, $5\lambda/2$ etc.

4.1.3. Alimentarea dipolului îndoit

Cea mai simplă alimentare a dipolului îndoit este cu linie bifilară de 300 Ω , cu izolație din plastic sau aer [scărită].

Pentru adaptarea cu transeceverele moderne care au ieșire pe 50 Ω se folosește un transmatch. Deseori linia bifilară lungă este nepractică și se modifică conform Fig. 39. Aici linia de 300 Ω coboară vertical până aproape de pământ, unde se montează un balun 4:1. Astfel între balun și stație se poate folosi un coaxial de 75 Ω , eventual îngropat. Este totuși nevoie de un transmatch, pentru a adapta armonica a 3-a, care poate fi radiată de dipolul îndoit. La puteri mari balunul se poate cumpăra, iar sub 100 W se poate realiza pe bare de ferită folosite în aparatele de radio pe UL/UM. Detaliile de realizare din Fig. 39b sunt din cartea „Antene de US pentru orice emplacement” de L. A. Moxon, G6XN.

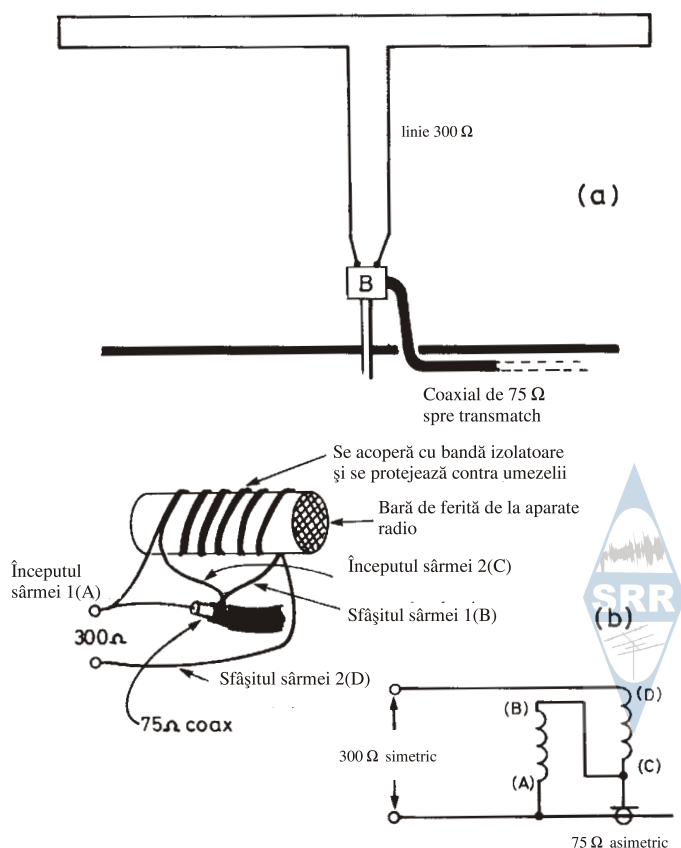


Fig. 39 (a). Impedanța de 300 Ω a fiderului care alimentează dipolul îndoit poate fi transformată în 75 Ω nesimetric cu un balun 4:1 (b). Detalii de construcție a unui balun 4:1 pe bară de ferită, după L. A. Moxon, G6XN.

4.1.4. Construcția balunului.

Două bucăți de sârmă de cupru emailat $\phi 1,3\text{mm}$, lungi de 35cm (nouă, nu de la un transformator vechi), drepte, se pun alături și se bandajează strâns cu izoband, lăsând capete de 5 cm. Apoi sârmele se bobinează pe un baston de ferită lung de 8cm, pe o lungime de 5cm. Începutul și sfârșitul fiecărei sârme se identifică apoi se conectează ca în Fig. 39b. Balunul cu bobinaj bifilar are un raport 4:1 pe o gamă largă de frecvențe. Dacă transceiverul are tuburi finale, coaxialul de 75 Ω se poate conecta direct. Dacă transceiverul are etajul final cu tranzistoare [care pretind sarcină de 50 Ω] este nevoie de un transmatch între el și coaxialul de 75 Ω . Prin utilizarea transmatch-ului se reduce de asemeni și nivelul armonice la 3-a pe care dipolul este capabil să o radieze. Balunul se protejează într-o cutie ermetică, conexiunile antenei și mufa coaxială fiind acoperite cu cauciuc siliconic sau bandă impermeabilă. Balunul corect realizat funcționează rece, orice încălzire dovedind neadaptare și putere pierdută. Balunul nu se folosește ca transformator de impedanță când fiderul este acordat [lucrează cu undă staționară]. Balunul se folosește numai cu fideri adaptați cu antenna [care lucrează în regim de undă progresivă]. Dacă această regulă este încălcată balunul se supraîncălzește și multă putere este pierdută. Balunul folosit corect introduce o pierdere de putere de numai 0,1dB, RUS pe fider trebuie să fie sub 1,35:1 între 3,5-28 MHz.

Balunul 4 :1 realizat astfel poate fi conectat și direct la centrul dipolului îndoit, dar greutatea coaxialului trage exagerat de antenă.

4.1.5. Construcția dipolului îndoit.

Construcția cea mai bună a dipolului îndoit se dă în Fig. 40.

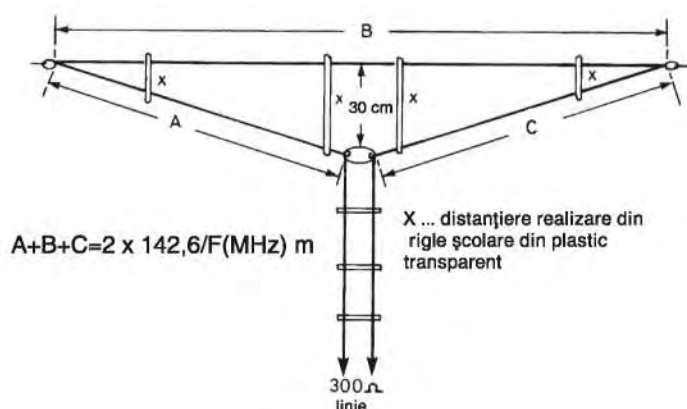


Fig. 40. Un dipol repliat închis realizat numai din sârmă. Alimentarea se poate realiza cu scăriță sau cu panglică (dezavantaj că la umezeală se schimbă caracteristicile)

Conductorul monofilar din cupru este bine să fie dintr-o singură bucată. Laturile antenei sunt menținute cu distanțieri din plastic. Tensiunea RF la capetele dipolului îndoit nu este mare. Faptul că laturile nu sunt paralele nu influențează performanțele sau impedanța antenei. În locul izolatorilor de la capete și distanțierilor se pot folosi corzi de nailon. Dipolul îndoit poate fi montat înclinat sau vertical, având aceleași diagrame de radiație ca dipolul liniar, și același câștig.

Dacă antenna este realizată din linie paralelă de 300 Ω , se iau măsuri de reducere a tracțiunii la conexiuni. În Fig. 41 se dă construcția plăcii izolante din centrul antenei. Ea se face din plexiglas [sau sticlotextolit], care are bune calități dielectrice.

Punctele de conexiune se vor proteja cu cauciuc siliconic.

Dipolul îndoit realizat din linie bifilară de 300 Ω cu prelungiri

din sârmă la capete (Fig. 38b) va avea și rigle cu fante la locul de sudare a prelungirilor (Fig. 41b), care preiau întinderile.

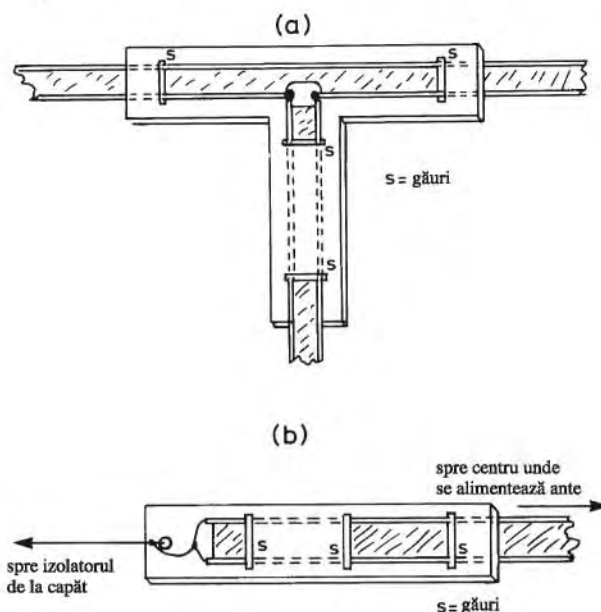


Fig. 41 (a). Placa izolantă în formă de T preia întinderile antenei și fiderului de la conexiunile centrale. (b) O metodă de conectare a antenei (Fig. 38b) cu conductorul prelungitor de la capăt.

4.1.6. Dipoli îndoiți ca elemente ale unei antene directive

Dipolul îndoit se folosește deseori ca parte a antenei directive.

Dacă elementele pasive sunt plasate aproape de dipolul îndoit [care este vibrator], sub 0,25 λ , impedanța lui scade. Dacă antenna directivă este formată dintr-un vibrator liniar și un reflector aflat la distanța de 0,1 λ , vibratorul are o impedanță de cca 15 Ω .

Folosind ca vibrator dipolul îndoit, impedanța va fi în acest caz de 4 ori mai mare, cca 60 Ω , care se adaptează bine cu coaxiale de 50 Ω sau 75 Ω sau fider bifilar. Multe antene directive comercializate pentru VHF și UHF folosesc ca vibrator dipolul îndoit pentru a obține o impedanță ușor de adaptat.

4.2. Bucle pătrate în λ

Antena pătrat (Quad) în λ a fost concepută și descrisă de Clarence C. Moore W9LZX în anii 1940. În anii 30 unii experimenatori ai benzii de 5 m foloseau bucle circulare în λ , realizate din tuburi de cupru. Antena pătrat este derivată din dipolul îndoit prin deformare, și are aceeași distribuție de curent (vezi fig. 42), curenții fiind în fază în latura de sus și de jos. Fiecare latură a pătratului este în $\lambda/4$, și antenna poate fi montată și ca romb.

Variantele din Fig. 42 sunt alimentate la bază și au polarizare orizontală. Dacă se alimentează la jumătatea unei laturi verticale (punctul x) polarizarea este verticală. Lungimea conductorului este ceva mai mare decât λ și este dată de formula:

$$P_m = 306,3/F \text{ (MHz)}.$$

Lungimea conductorului pentru benzile de radioamatori se dă în tabelul 8.

Nu se dă și banda de 1,8 MHz deoarece în această bandă pilonii ar trebui să aibă înălțimea de 42 m și mai mult.

Tabelul 8

Dimensiunile antenei Quad sau Delta realizate din sârmă

Banda	lungimea totală (perimetru)	lungimea unei laturi la Quad	Delta
3,6 MHz	85,00 m	21,25 m	28,33 m
7 MHz	43,76 m	10,94 m	14,58 m
10,1 MHz	30,32 m	7,58 m	10,10 m
14,15 MHz	21,64 m	5,41 m	7,13 m
18,1 MHz	16,92 m	4,23 m	5,64 m
21,2 MHz	14,44 m	3,61 m	4,81 m
24,94 MHz	12,55 m	3,13 m	4,16 m
29 MHz	10,56 m	2,64 m	3,52 m

4.2.1. Caracteristicile Quadului

Spre deosebire de dipolul îndoit, impedanța pătratului este cca 100 Ω și câștigul ceva mai mare față de dipolul liniar în $\lambda/2$. Radiația are 2 maxime perpendiculare pe planul pătratului. Câștigul este 1dB față de dipolul în $\lambda/2$, deci o mărire de 1,26 ori a puterii în cele două direcții. Radiația are minime adânci în planul pătratului, mai pronunțate decât minimele dipolului în $\lambda/2$.

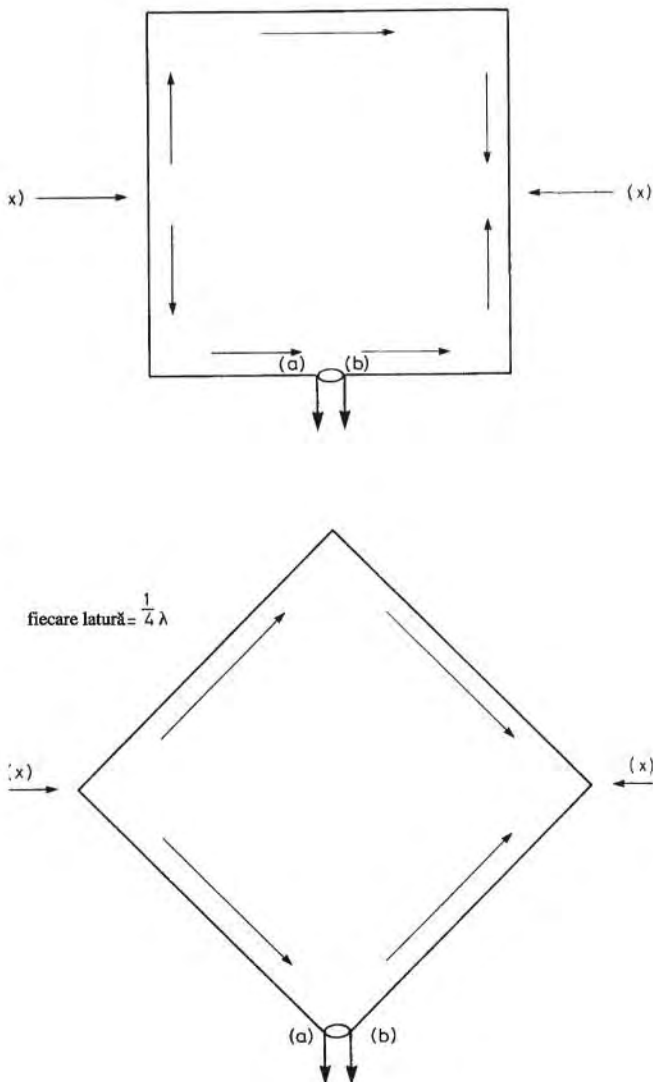


Fig. 42: Distribuția curentului de-a lungul laturilor pătratului în λ . Când este alimentat la mijlocul laturii de jos polarizarea este orizontală, iar în punctele X tensiunea trece prin maxime, impedanțele sunt mari și aceste puncte trebuie bine izolate.

Alt avantaj al buclei pătrate este că fiind o buclă închisă, este mai puțin influențată de pământ decât dipolul liniar în $\lambda/2$.

La o înălțime de $\lambda/2$ față de pământ, lobii principali de radiație ai antenei pătrat (Quad) sunt cu cca 4° mai aproape de pământ decât lobii dipolului liniar în $\lambda/2$ aflat la aceeași înălțime. Dacă înălțimea este $3/8\lambda$ unghiul de radiație este aproape cu 10° mai coborât. La înălțimea de $\lambda/4$ dipolul în $\lambda/2$ radiază mai mult în sus și este aproape inutilizabil, în timp ce antena Quad încă radiază la un unghi de 40° față de orizont. La acest unghi prima reflexie are loc la distanța de 700 km. Influența unor obiecte vecine, precum copaci sau clădiri asupra caracteristicilor antenei Quad este mică. Aceasta înseamnă că aceste antene se pot folosi cu succes chiar și în podul casei. [casa să nu fie învelită cu tablă].

4.2.2. Bucle Quad practice

Două construcții practice de antene Quad se dau în Fig. 43.

Dacă pătratul are două laturi orizontale ca în Fig. 43a, pentru susținere se folosesc bețe din bambus sau fibră de sticlă, sau șipci de lemn impregnate. Tensiunile și impedanțele în cele 4 colțuri A,B,C,D nu sunt mari și izolarea conductorului de țije poate fi modestă. Bețele de bambus se bandajează cu bandă de poliuretan contra umezelii, mai ales capetele. Placa din centru poate fi din plexiglas, textolit sau lemn impregnat și vopsit. Fiecare tijă se fixează cu scoabe în forma de U. Conectarea fiderului se face la o plăcuță izolantă.

Varianta din Fig. 43b ocupă mai mult loc. Tensiunile în punctele B și C fiind mari, conductorul se fixează pe izolatori ceramici. În punctul A tensiunea este zero. Rezonanța Quadului se verifică cu DIP-metrul, cuplat la o bobină cu o singură spirală conectată la bornele antenei în locul fiderului.

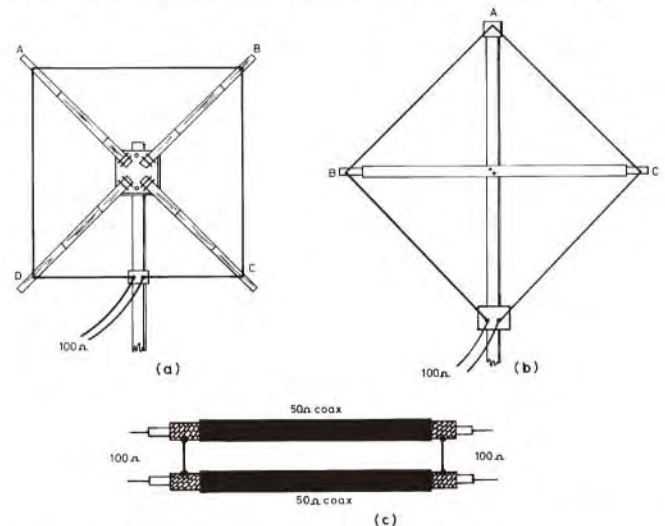


Fig. 43 (a) Antena Quad susținută de bețe de bambus. Tensiunea RF nu este mare în punctele de fixare a conductorului, și nu este nevoie de o izolare specială (b). La această construcție punctul A are impedanță [și tensiune] mică, dar punctele B și C trebuie izolate bine (c). Două bucăți de coaxial legate în paralel formează un fider simetric ecranat, cu impedanță de 100 Ω , adaptată cu Quadul

Antena Quad are impedanța de 100 Ω , greu de adaptat. Pentru a evita stuburile sau transformatoarele de adaptare, o metodă simplă este crearea unui fider cu impedanța de 100 Ω din două coaxiale de 50 Ω legate în paralel (Fig. 43c). Transmatch-ul adaptează ușor de la 100 Ω la 50 Ω . Acest tip de fider se poate chiar îngropa. Se poate alimenta antena și cu linie paralelă de 300 Ω [cu unde staționare], dar transmatch-ul este în acest caz obligatoriu. Antena are un câștig de 1dB pe două direcții opuse, deci trebuie rotită doar 90° pentru a acoperi toată lumea. Nulurile adânci ale diagramei sunt utile când vrem să micșorăm semnalele unei stații perturbatoare.

4.3. Antene buclă triunghi cu perimetrul λ .

Antena în formă de triunghi (Delta) este tot o buclă cu perimetrul λ , cu proprietăți asemănătoare pătratului. De obicei ea este un triunghi echilateral, cu o latură orizontală sus sau jos.

Antena Delta este răspândită în benzile joase deoarece are probleme mai ușoare mecanice decât pătratul. La același perimetru triunghiul are o suprafață mai mică decât pătratul, deci un câștig mai mic. Suprafața maximă închisă o are cercul, la același perimetru, dar problemele mecanice de susținere sunt mari. Dacă bucla triunghiulară (Delta loop) are latura de bază mai lungă decât celelalte laturi și unghiul vârfului este obtuz, ea începe să semene cu dipolul îndoit și câștigul dispăre. Antena Delta loop echilaterală are câștigul de 0,5 dB față de dipolul în $\lambda/2$ și mai mic cu 0,5 dB față de bucla pătrată (Quad). Două treimi din câștigul antenei Delta este realizat de latura orizontală și 1/3 de laturile înclinate. Există 5 variante de poziționare și alimentare a antenei Delta (Fig. 44). Variantele din Fig. 44 a, c și d au polarizare orizontală iar b și e - verticală. Înălțimea efectivă a antenei este mai mare când una din laturi este sus. Punctele unde tensiunea are maxime sunt notate cu x. (ele se află la distanța de $\lambda/4$ de bornele antenei)

Înălțimea efectivă medie se poate calcula astfel: Când o latură se află sus, înălțimea efectivă este înălțimea ei față de pământ minus $1/12\lambda$. Când o latură este baza triunghiului, înălțimea efectivă este înălțimea vârfului față de pământ minus $1/4\lambda$.

Perimetrul antenei Delta este același cu cel al antenei Quad, calculat cu formula:

$$P_m = 306,3/F \text{ (MHz)}.$$

Radiația maximă a antenei Delta este perpendiculară pe planul ei, ca și la Quad, pe două direcții. Impedanța triunghiului echilateral este 70Ω și crește la peste 100Ω când una din laturi se lungește. Ca și la Quad, radiația în planul triunghiului are minime.

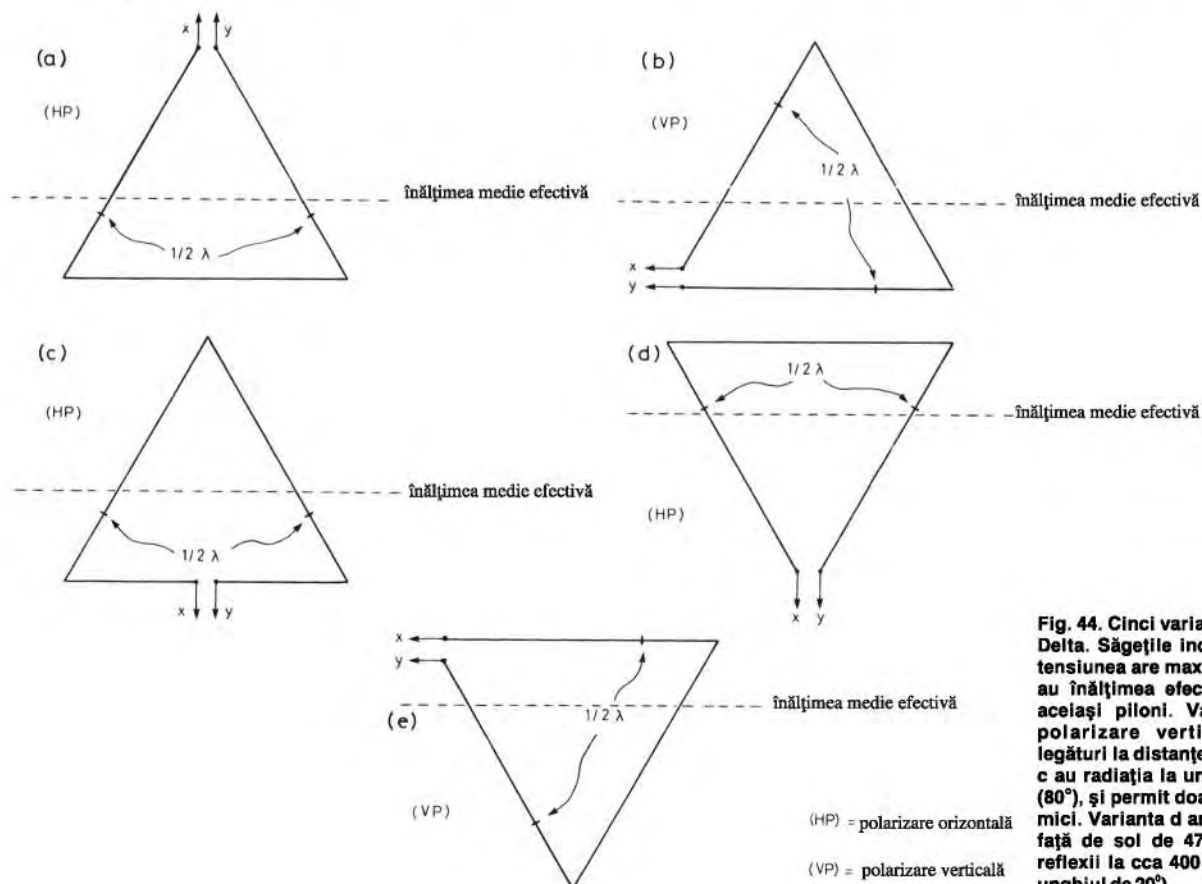


Fig. 44. Cinci variante ale antenei buclă Delta. Săgețile indică punctele x unde tensiunea are maxime. Variantele d și e au înălțimea efectivă maximă, pentru același piloni. Variantele b și e au polarizare verticală bună pentru legături la distanțe mari. Variantele a și c au radiația la unghi mare față de sol (80°), și permit doar legături la distanțe mici. Varianta d are unghiul de plecare față de sol de 47° și distanța primei reflexii la cca 400 mile (alte surse dau unghiul de 20°).

4.3.1. Performanțe

Performanțele antenelor Quad și delta sunt determinate în mare parte de înălțimea față de pământ. Ambele au o înălțime efectivă medie (vezi fig. 44 pentru bucle delta), egală cu înălțimea dipolului în $\lambda/2$ în aceeași bandă. În cazul pătratului înălțimea efectivă este înălțimea centrului său.

Pentru comunicații la mare distanță dipolul în $\lambda/2$ trebuie să fie cel puțin la înălțimea de $\lambda/2$ față de pământ, iar antenele buclă să aibă înălțimea efectivă de $\lambda/2$. Unghiul de radiație [față de pământ] al antenelor Delta depinde mult de poziția triunghiului și a bornelor de alimentare. Doar varianta din Fig. 44b, cu unghi de plecare 27° și varianta e, cu unghi de plecare 20° sunt bune la DX, ambele având polarizare verticală. Variantele a, c și d, cu polarizare orizontală, au unghiuri de plecare de $80^\circ - 47^\circ$. Variantele a și c sunt utile doar la distanțe mici. Varianta d are prima reflexie la cca 700 km, în timp ce variantele b și e cu polarizare verticală au prima reflexie la 1000-1800 km.

Din păcate, varianta e, cea mai bună la DX, are nevoie de doi piloni și bornele de alimentare în poziție neconvenabilă. Varianta b necesită doar un pilon și se alimentează într-unul din colțurile de jos, fiind mai convenabilă, chiar și în benzile joase.

4.3.2. Antene Delta practice

Două variante de instalare a antenei Delta se dau în Fig. 45, ambele pentru banda de 14 MHz. Varianta din Fig. 45a are înălțimea efectivă aproape $\lambda/2$ și asigură un unghi mic de radiație.

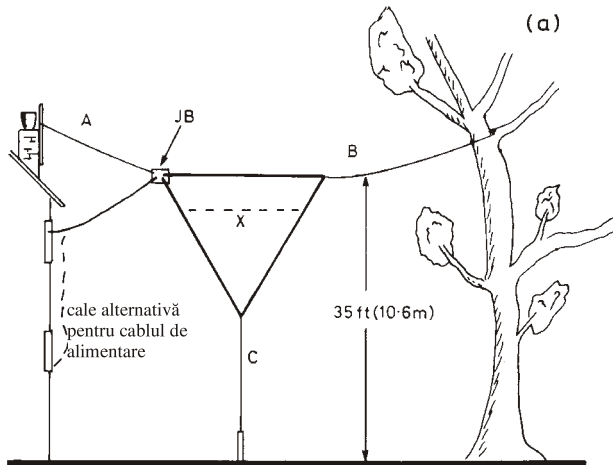
Poziția neconvenabilă a bornelor de alimentare a antenei se rezolvă dacă ea se află aproape de casă. Fiderul nu trebuie să coboare vertical deoarece în acest caz desimetizează sistemul și dezacordează antena.

În Fig. 45b se folosește un singur pilon nemetalic înalt de 10 m iar colțurile de jos sunt trase cu corzi de nailon. În această



variantă fiderul poate coborî la pământ, apoi merge pe sau în pământ.

Nu este nevoie de izolatori deoarece tensiunile la colțurile triunghiului nu sunt mari. Bornele antenei au tensiune mică și se fixează pe o placă izolantă impermeabilă. Dacă pilonul este mai înalt se poate realiza o astfel de antenă pentru 7 sau 3,5 MHz, măbind unghiul de la vârf de la 60° la 90° , pentru a reduce înălțimea triunghiului. În acest caz un pilon înalt de 15 m permite susținerea antenei delta pentru 7 MHz. Copacii se pot de asemenea folosi ca suporturi de antenă Delta, fără



$X =$ înălțimea medie efectivă de obicei $\lambda/2$

JB = bloc unde se face alimentarea

$\left. \begin{matrix} A \\ B \\ C \end{matrix} \right\}$ = întindere cu fir de nailon

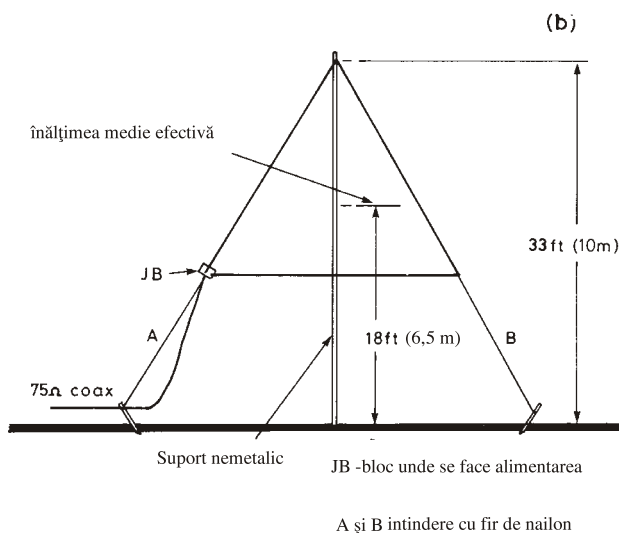


Fig. 45 (a). O antenă Delta pentru 14 MHz de tipul celei din Fig. 44e, suspendată între doi suporturi. Unghiul de radiație este numai 20° . (b) Această variantă are un simplu pilon și corespunde Fig. 44b. Înălțimea efectivă este de cca 6,5 m în timp ce antena din Fig. 45a are înălțimea efectivă aproape $\lambda/2$

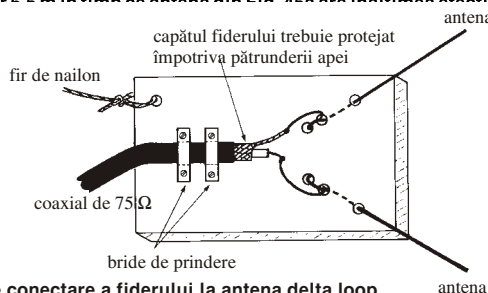


Fig 46. O idee de conectare a fiderului la antena delta loop

În Fig. 46 se dă placa de conectare a fiderului la antena Delta realizată din orice plastic. Sudurile și capătul coaxialului trebuie impermeabilizate cu grijă. Fiderul poate fi coaxial de 75 Ω sau o linie acordată iar adaptarea cu ieșirea de 50 Ω a stației se face cu un transmaci.

Folosirea buclelor delta pe armonici mult depărtate de frecvența de bază nu se recomandă. Un radioclub a folosit un Delta loop tăiat pentru banda de 3,5 MHz în „ziua de câmp” și rezultatele fiind slabe în benzile superioare, s-a folosit un dipol cu trapuri.

4.4. Antena semi-Delta lucrând cu pământul

Această antenă a fost concepută de John S. Belrose VE2CV și publicată în revista „Ham radio” din SUA în mai 1982. Ea a beneficiat de puțină atenție în Europa, deoarece necesită un teren mare și un pilon foarte înalt în 1,8 MHz. Schița și dimensiunile antenei semi-Delta se dau în Fig. 47. Elementul cel mai important este pilonul metallic pus la pământ care este principalul radiat. Belrose folosea un pilon cu zăbrele, înalt de 30,5 m firul înclinat de 62,79 m fiind conectat electric la vârful lui.

Aceste dimensiuni sunt pentru 1,8 MHz. În 3,5 sau 7 MHz se folosesc piloni înalți de 15 m respectiv 7,6 m și conductori înclinați mai scurți. Autorul antenei arată că ea este jumătate din antena Delta în λ , cealaltă jumătate fiind reflexia ei în pământ.

Între pilon și punctul de conectare a fiderului se montează un conductor gros. La baza pilonului și în punctul de conectare a fiderului trebuie să existe prize de pământ bune și radiale.

Impedanța antenei este cca 50 Ω . Lungimea conductorului înclinat se reglează pentru a obține frecvența de rezonanță. Unii radioamatori englezi au constatat că dimensiunile date de Belrose sunt puțin cam mici

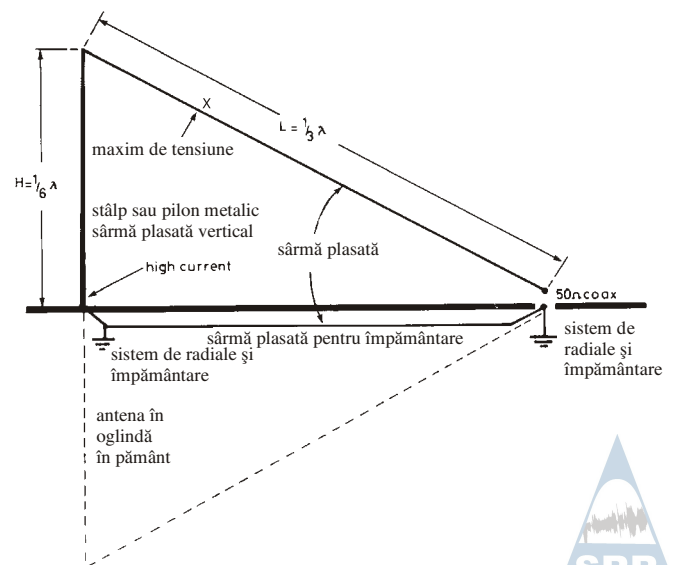


Fig. 47. Antena semidelta VE2CV. Conductorul de întoarcere dintre pilon și fider este important, ca și cele două prize de pământ, de la baza pilonului și de la punctele de alimentare.

La frecvența de bază antena semiDelta lucrând cu pământul este eficientă la unghi mic de plecare, având o diagramă de radiație în plan orizontal similară cu antena verticală în $\lambda/4$ Marconi. Totuși diagrama nu este circulară, ci alungită în direcțiile perpendiculare pe planul antenei, fără minime ca la antena pătrat sau triunghi. Un avantaj al antenei



semiDelta lucrând cu pământul constă în performanțele bune pe armonici, la acestea radiația fiind maximă în planul antenei, cu doi lobi largi, fără nului adânci, și impedanța mărită la 100 Ω până la 1000 Ω . Pentru adaptare este nevoie de un circuit în L pentru fiecare bandă, ceea ce complica lucrurile și o face nepopulară.

4.4.1. Este ea o antenă buclă adevărată?

Autorul a încercat experimental câteva variante ale antenei VE2CV și are propria teorie privind funcționarea antenei. Probabil cea mai simplă explicație este să privim antena ca o antenă verticală pusă la pământ și alimentată la vârf. Fiderul este conductorul înclinat, care nu contribuie foarte mult la radiație, și lucrează împreună cu pământul, o porțiune mare fiind apropiată de pământ, în raport cu λ . La capătul lui apropiat de pământ, unde curentul este mare, conductorul radiază puțin. Urcând de-a lungul conductorului, curentul scade, tensiunea crește, până în punctul x (Fig. 47) unde tensiunea și impedanța sunt maxime, iar radiația minimă. În continuare, urcând până la pilon și coborând până la pământ unda de curent este mare, cu maxim la bază. Aproape toată radiația este dată de pilonul de 30,5 m.

Conductorul de întoarcere de la pilon la bornele de alimentare mărește randamentul conductorului înclinat ca și cele două prize de pământ și radialele, care măresc eficacitatea antenei. Este o explicație modestă, poate greșită, dar autorului i se pare logică.

4.4.2. Încercați una singuri.

O antenă de acest tip, pentru 7 MHz, necesită un pilon metalic de numai 7,6 m (sau un conductor pe lângă un pilon din lemn) și un teren de 15 m lungime. Lungimea conductorului înclinat este cca 15,85 m. Antena lucrează în 7,14 și 28 MHz.

Antena se poate alimenta și cu linie acordată, adaptarea cu emițătorul fiind realizată de un transmatch, evitând astfel comutarea de la distanță a circuitelor de adaptare în L montate la capătul conductorului înclinat.

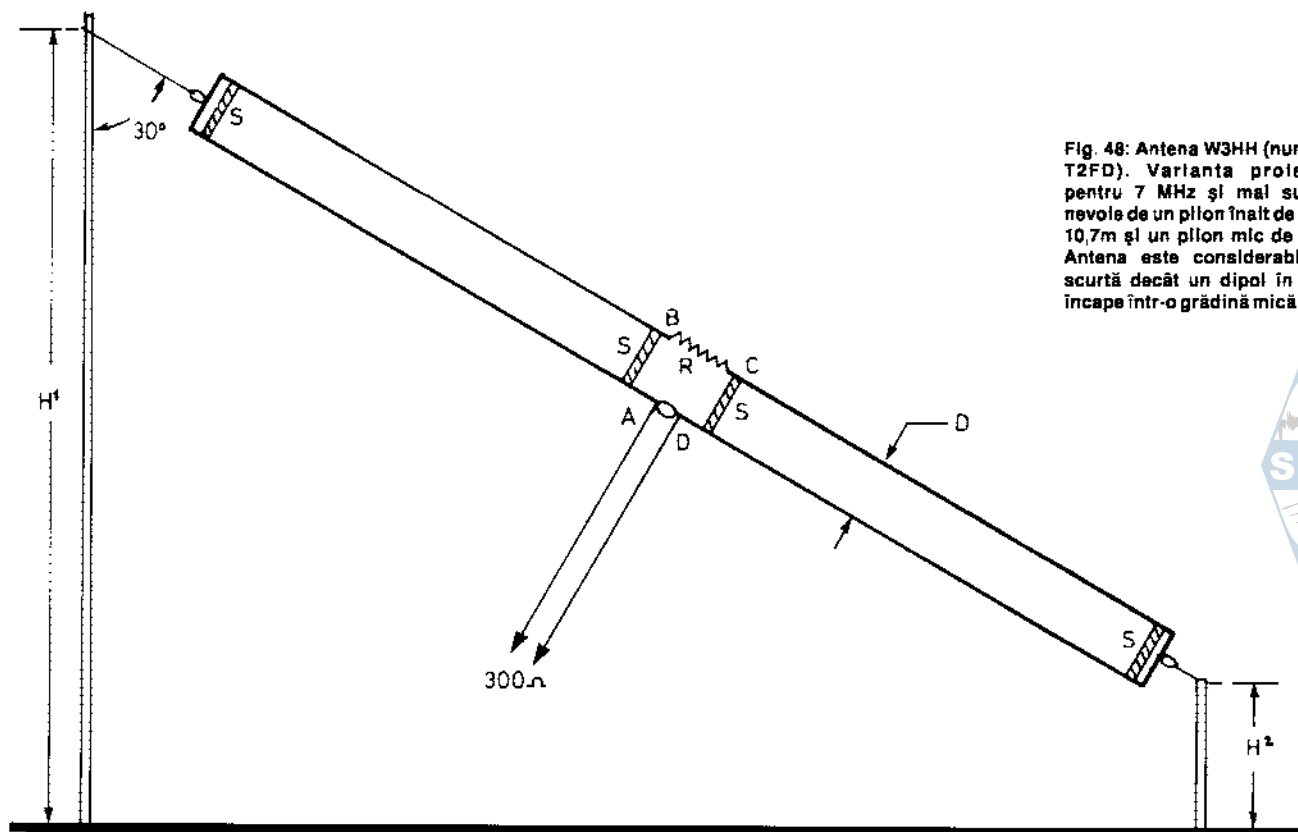


Fig. 48: Antena W3HH (numită și T2FD). Varianta proiectată pentru 7 MHz și mai sus are nevoie de un pilon înalt de numai 10,7m și un pilon mic de 1,8 m. Antena este considerabil mai scurtă decât un dipol în $\lambda/2$ și încapă într-o grădină mică.



4.5. Antena dipol îndoit, cu rezistență de sarcină.

Această antenă a fost concepută în 1949 de Cpt. G.L. Countryman W3HH din marina SUA și publicată în revista „QST” a ARRL din iunie, care a arătat utilitatea ei pentru radioamatori. Următorul articol despre antenă, de același autor, a apărut în „CQ Antenna Roundup 1963”. Antena este poreclită de obicei T2FD⁽¹⁾. Ea a fost folosită la stația radio a marinei, din Long Beach, California, cu mare succes, diagrama de radiație și intensitatea câmpului fiind superioare antenei Marconi.

Bazele aviației SUA din Pacific și unele stații radio pe unde medii din SUA și JAPONIA au folosit această antenă. Autorul a folosit antena din 1951 când lucra în 14 MHz cu o variantă de cameră lungă de 3,66 m. Schița antenei se găsește în Fig. 48. Ea seamănă cu dipolul îndoit dar dimensiunile, rezistența neinductivă R și înclinarea de 20 -40° fac antena să lucreze nerezonant, cu polarizare verticală, pe o gamă de frecvențe de cel puțin 4:1. Antena W3HH calculată la 7 MHz lucrează bine și peste 30MHz și mai slab, chiar și în 3,5 MHz și poate fi alimentată ușor cu linie bifilară de 300 Ω , neacordată [adaptată, fără unde staționare]. Montată la unghiul optim de 30° antena W3HH radiază aproape omnidirecțional, la unghi mic, asemănător cu antena verticală în $\lambda/4$ Marconi. Antena radiază ceva mai slab în direcția capătului înălțat, care trebuie orientat spre o zonă neinteresantă. Antena este utilă într-un spațiu mic, deoarece este mai scurtă decât dipolul în $\lambda/2$, la aceeași frecvență. În 7 MHz dipolul în $\lambda/2$ are cca. 20 m iar antena W3HH doar 14,33 m. Pentru a fi eficient, dipolul în $\lambda/2$ trebuie înălțat la cel puțin 18,3 m, iar antena W3HH necesită doar un pilon înalt de 11m și un pilonăș de 1,8 m la capătul de jos.

4.5.1. Criterii de proiectare.

Autorul nu a găsit un text care să explice cum funcționează antena W3HH. Countryman (W3HH) descria în glumă antena ca fiind o antenă rombică turtită. Antena pare un dipol îndoit amortizat cu o rezistență, pentru lărgirea benzii, dar rămâne

un mister dimensionarea ei. Totuși există parametri ficși care trebuie respectați la realizarea antenei. Lungimea totală în m este dată de formula: $L_m = 100/F_{\text{MHz}}$, unde F este frecvența minimă de lucru.

Antena funcționează și la $F/2$, dar mai slab. Distanța dintre conductoarele paralele se determină cu formula:

$$D_{\text{metri}} = 3/F(\text{MHz}).$$

Rezistența R trebuie să fie neinductivă ca antena să lucreze aperiodic, pe o bandă largă de frecvențe. Valoarea ei depinde de impedanța fiderului. Cu fider din linie bifilară de 300Ω , valoarea optimă a rezistenței este 400Ω , dar merge și $375-425 \Omega$. Cu linie paralelă cu aer de 450Ω , rezistența optimă are 500Ω , iar cu linie de $600 \Omega - 650 \Omega$. Unii au experimentat fideri de impedanță mică, inclusiv cablu coaxial, dar rezistența are o valoare critică $\pm 5 \Omega$.

Rezistența disipă 35% din puterea emițătorului, ceea ce pare mult dar semnalul scade cu numai 1,5-2dB [neobservabil auditiv], care se compensează cu unghiul mic de radiație al antenei.

Modelarea antenei pe calculator a arătat că frecvența maximă este practic limitată numai de comportarea rezistenței terminale.

4.5.2. Probleme constructive.

Antena W3HH se poate asambla folosind două conductoare de aceeași lungime, unul pentru jumătatea A-B, altul pentru jumătatea C-D (vezi Fig. 48).

Lungimile celor două conductoare, pentru fiecare bandă, se dau în Tabelul 9, de asemenea distanța D. Copacii și clădirile se pot folosi în loc de pilon. Clădirile produc o oarecare atenuare a radiației în direcția lor. Pilonul mic care fixează capătul de jos este pentru protecția persoanelor și animalelor. Varianta realizată de autor a avut nevoie de un distanțier la mijloc și două la capete, dar se pot pune mai mulți. Dacă distanțierii de la capete sunt realizați ca în Fig. 49, de exemplu din plexiglass, nu mai este nevoie de alți izolatori.

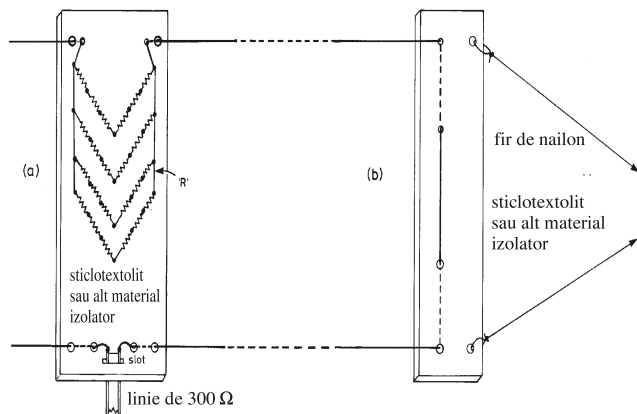


Fig. 49 (a): Placa izolantă-distanțier din centrul antenei W3HH susține gruparea de rezistențe și fiderul de 300Ω . (b) Antena este petrecută prin găurile distanțierilor de la capete, realizați din plexiglass gros de 6 mm. Antena pentru 7 MHz are nevoie de doi distanțieri la capete și unul la mijloc.

Placa izolantă din centru are pe ea conexiunile cu linia paralelă de 300Ω (de preferință tip Bofa cu fante) și rezistența terminală. Rezistența este o combinație de rezistențe de putere mică legate în serie și paralel. În CW puterea se aplică în impulsuri, cca 50% din timp iar în SSB un timp chiar mai scurt. Dacă la alte moduri de lucru purtătoarea este continuă (FSK sau FM), puterea disipată va fi mai mare.

La puterea de 100 W, în CW rezistența disipă doar cca 18 W, iar în SSB - mai puțin. Se pot folosi 24 rezistențe de 270 Ohmi la 2 W care vor fi călduțe la purtătoare continuă și vor funcționa la 300 W PEP în SSB. Se fac 4 șiruri de câte 6 rezistențe (1620Ω) care legate în paralel dau 405Ω . Rezistențele sunt cu peliculă de carbon. Este necesară

protecția lor la intemperii. Autorul a acoperit toate rezistențele și conexiunile cu lac de cauciuc siliconic, transparent. Dacă se pot procura rezistențe neinductive bobinate de $400 \Omega / 80W$, sau din pastă de carbon, montarea se face ca în Fig. 50. Coarda care unește izolatorii trebuie să reziste la încălzire și tracțiune. Se protejează doar conexiunile la rezistență.

Tabelul 9. Dimensiuni pentru antena T2FD

Banda MHz	Perimetrul total m.	spațierea dintre conductoare m.
1,8	55,54	1,66
3,6	27,76	0,83
7,0	14,28	0,42
10,1	9,90	0,30
14,15	7,06	0,21
21,2	4,70	0,14
29,0	3,44	0,10

antena având acoperire 4:1 nu s-au dat datele pentru toate benzile

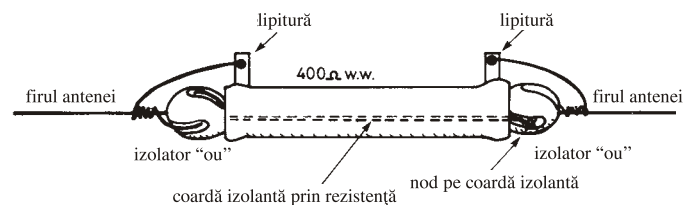


Fig. 50

4.5.3. Fiderul.

Antena W3HH corect proiectată, cu rezistență neinductivă terminală prezintă o impedanță constantă în gama de frecvențe acoperite. Antena descrisă trebuie să aibă un fider de 300Ω care merge direct la transmatch. Dacă distanța este mare, se poate intercala un balun 4:1 (vezi Fig. 39) care transformă impedanța în 75Ω nesimetric și se continuă cu cablu coaxial.

Un dezavantaj al antenelor aperiodice este că radiază toate armonicele create de emițător, deci este necesar un transmatch care le elimină, în cazul antenei W3HH. Antena W3HH este un sistem simetric, care limitează perturbațiile electromagnetice. Problemele armonice VHF se elimină dacă între emițător și transmatch se introduce un filtru trece-jos.

4.5.4. Punerea la pământ

Literatura privind antena W3HH nu menționează avantajul unui sistem bun de împământare, dar autorul și alți utilizatori au constatat că ea funcționează mai bine deasupra a câteva radiale conectate la transmatch. Aceasta nu este surprinzător, deoarece antena pare să aibă multe asemănări [?] cu antena verticală Marconi care se bazează pe un pământ cu rezistivitate mică.

ANTENE MARCONI ȘI SISTEME DE "METALIZARE" A SOLULUI

Antenele tip „Hertz” trebuie să aibă înălțimea față de pământ cel puțin $\lambda/2$ pentru a radia la unghi mic (pentru comunicații la mare distanță). Aceasta este ușor de realizat la frecvențe înalte, dar pentru 3,5 sau 1,8 MHz dipolul în $\lambda/2$ trebuie să se afle la înălțimea de 39,6 m, respectiv 76 m pentru a îndeplini condiția. Puțini radioamatori au piloni înalți de 30 m și pentru a lucra la DX în benzile joase trebuie să folosească antene tip Marconi. Antenele Marconi [verticale] au o „carieră” de succes care a început la începutul secolului 20.

„...Inventarea antenei în $\lambda/4$ care lucrează cu pământul, acesta fiind una din plăcile condensatorului, este una din cele mai importante contribuții ale lui Marconi în tehnica radio.

Deoarece tensiunea este zero [nod] la baza ei, baza poate fi legată la pământ fără a afecta distribuția tensiunii și curentului de-a lungul antenei” (Manualul radiotelegrafistului, volumul 2, editat de Amiralitatea Britanică, 1938).

Aparent simplă în concepție, antena Marconi [verticală] are probleme serioase pentru a fi un radiator eficient. Problemele sunt înălțimea fizică a antenei și conductivitatea solului. De exemplu, o antenă verticală scurtată la 4,2 m ($0,03\lambda$) „funcționând” la 1,8 MHz cu bobină de „alungire” la bază, cu un sistem modest de radiale care dă o rezistență de pierderi în pământ de cca 100Ω , are un randament de 0,26%! Aceasta înseamnă că aplicând o putere de 8 W, antena radiază doar 20 mW. Restul de 7,98 W încălzește pământul și bobina de la baza ei.

În Fig. 51 a se dă antena Marconi în $\lambda/4$ ideală, cu pământ perfect conductor constând dintr-o placă metalică mult mai mare decât λ (sau o suprafață mare de apă sărată).

Un pământ perfect conductor se comportă ca un ecran electrostatic care creează o „imagine” a antenei sub antena reală.

Această „imagine” electrică completează latura de $\lambda/4$ care lipsește din dipolul în $\lambda/2$, curentul din această latură fiind de fapt curentii care circulă prin pământ înspre baza antenei. Impedanța între baza antenei și pământul ideal este cca 36Ω , jumătate din impedanța dipolului în $\lambda/2$. Curentul în antena verticală în $\lambda/4$ este maxim la bază, deci aici radiația este maximă (vezi Fig. 51 b). Radiația are polarizare verticală și egală în toate direcțiile în jurul antenei.

O mare parte din radiația antenei este la unghiuri mici față de orizont, dacă pământul are o conductibilitate mare, ceea ce face antena Marconi foarte atractivă pentru legături la distanțe mici (cu unda de sol) și la distanțe mari, în benzile joase.

După refracția în ionosferă, undele ajung la distanțe mari cu polarizarea modificată, dar aceasta nu are importanță.

Antena verticală în $\lambda/4$ poate fi comparată cu o lamelă elastică vibrantă care dă un ton cu lungimea de undă de 4 ori lungimea lamelei.

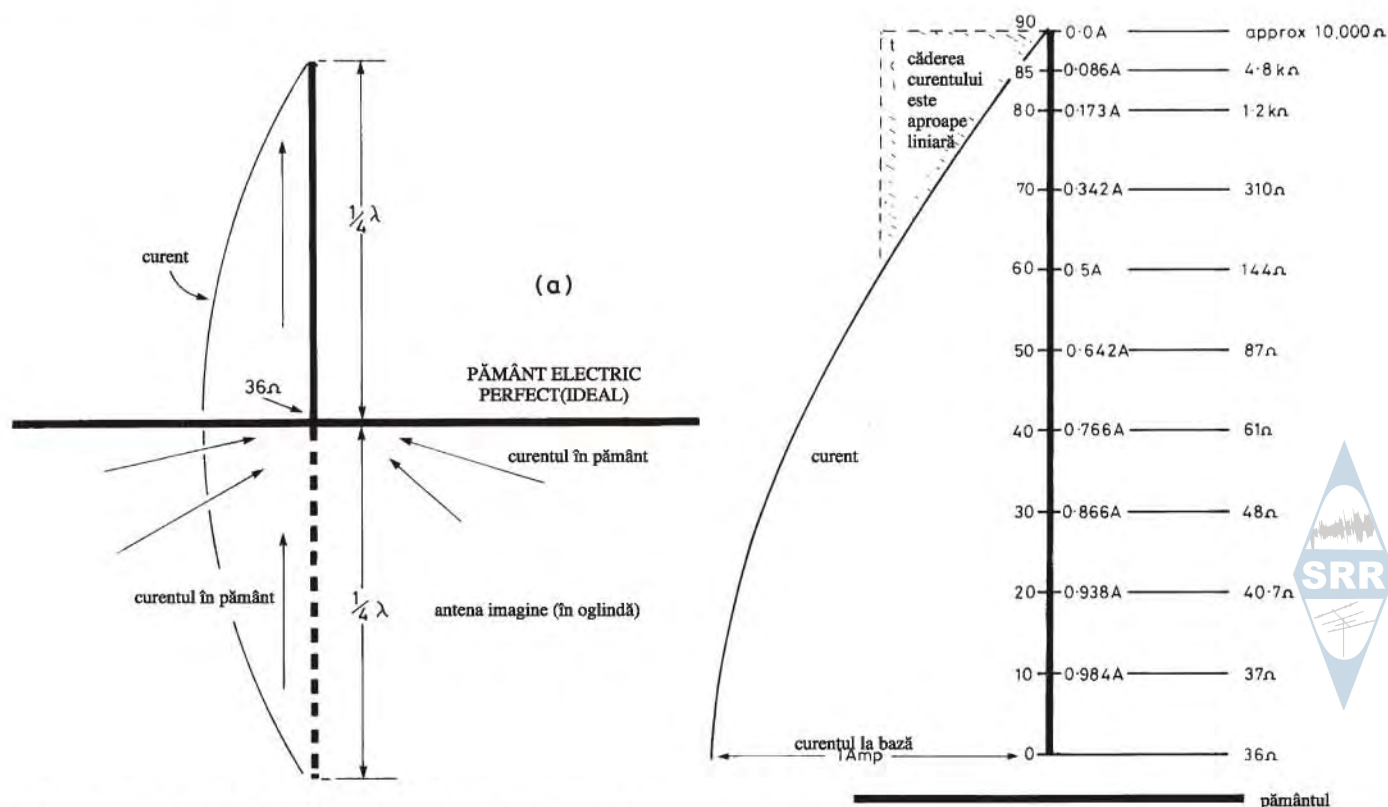


Fig. 51. (a): Antena verticală Marconi în $\lambda/4$ deasupra unui pământ perfect conductor și „imaginea” ei în pământ. Majoritatea curentilor de întoarcere în pământ se concentrează în apropierea antenei. (b) O antenă verticală în $\lambda/4$ deasupra unui pământ perfect conductor excitată cu 36 W. Valoarea curentului în antenă, în puncte din 10° în 10° de lungime electrică

și impedanță în aceste puncte sunt notate în dreapta antenei. Curentul scade rapid spre vârful antenei, iar impedanța crește rapid [și este reactivă]. Este interesant cum curba curentului pe ultimii 30° spre vârful antenei este aproape liniară.

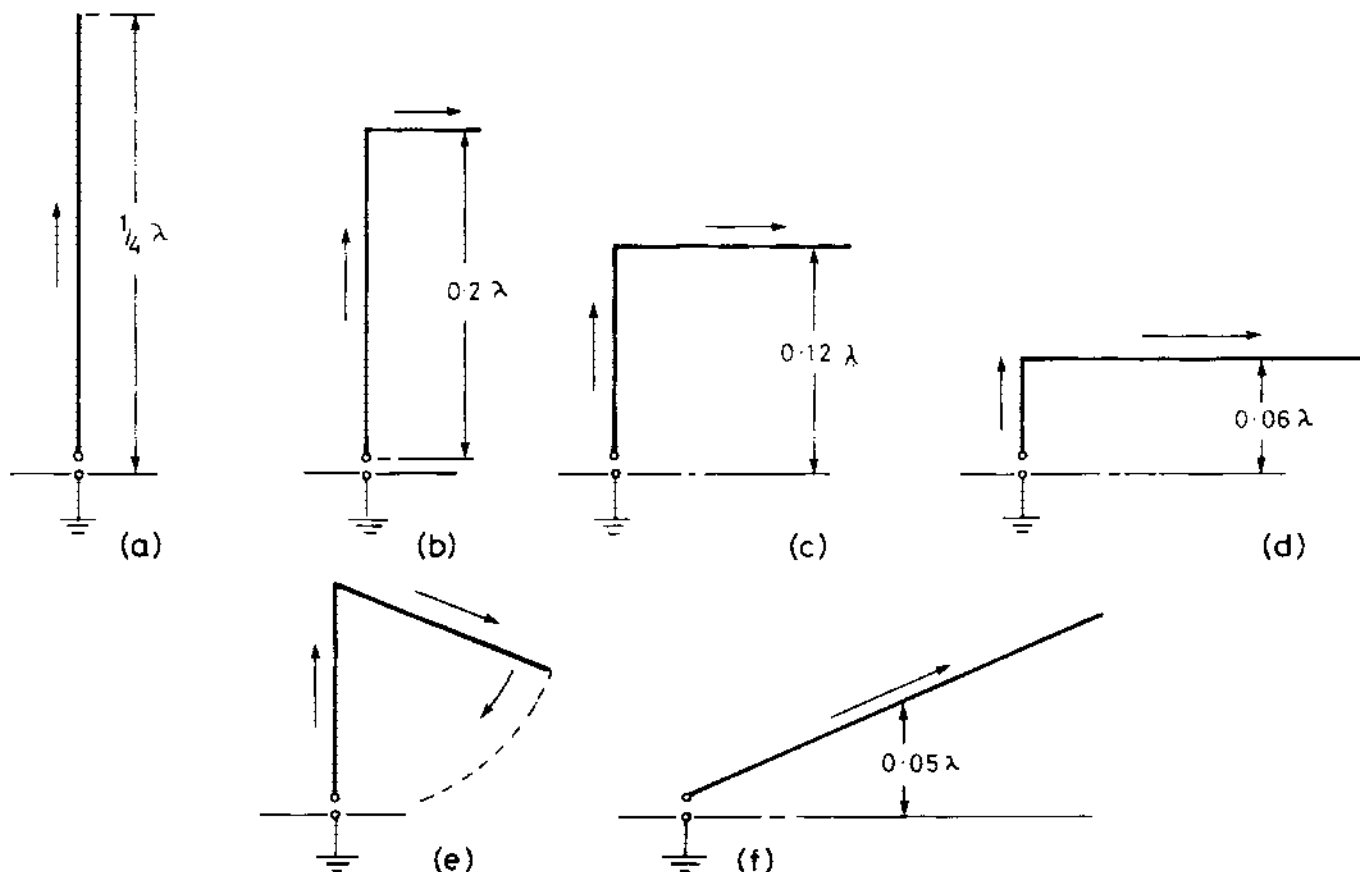


Fig. 52. O antenă verticală în $\lambda/4$ poate avea o porțiune de la vârf frântă orizontal, ca în (a), (b) și (c), de unde denumirea „L întors”. Când partea verticală se reduce puterea radiată la unghi mic, cu polarizată vertical, scade, iar puterea radiată la unghi mare, de partea orizontală, crește.

Varianta d radiază mai mult la unghiuri mari, și permite doar legături la distanțe mici și medii, iar unda de sol este slabă. Înclinarea părții orizontale (e) face ca radiația ei să fie opusă părții verticale, deoarece curenții din cele două părți au sensuri opuse și să se anuleze în mare parte. Varianta f este o antenă în $\lambda/4$ înclinată.

5.1. Instalări practice.

Rareori este posibil sau convenabil să se înalțe o antenă verticală cu lungimea $\lambda/4$ în benzile joase, deși în benzile superioare ele se folosesc deseori sub denumirea „ground plane” - antena cu plan de pământ realizat din radiale.

În Fig. 52a antena în $\lambda/4$ cu impedanță la bază 36Ω este verticală. În Fig. 52b, c, și d antena are o parte verticală care se micșorează și o parte orizontală care crește. La varianta „d” doar 25% din antenă este verticală, restul fiind orizontală, la înălțimea de $0,06\lambda$ față de pământ. Variantele verticalei „frântă” b, c și d sunt deseori numite „L întors” și se folosesc mult când partea verticală este mică. Partea verticală fiind mică, puterea radiată la unghiuri mici se reduce și crește puterea radiată de partea orizontală, la unghiuri mari, deoarece înălțimea ei față de pământ este mică.

O antenă în L întors ca aceea din Fig. 52c unde partea orizontală este egală cu partea verticală, radiază bine la unghiuri mici dar și la unghiuri mari, unda de sol acoperind o zonă de cca 70 km, iar partea orizontală o zonă până la 800 km. În Fig. 52 e jumătatea de sus a antenei este rabatată în jos, ceea ce reduce radiația părții verticale, curenții fiind de sens contrar și câmpurile radiate de sensuri contrare. În Fig. 52 f antena stă înclinată și există o componentă polarizată vertical și alta orizontal, în funcție de unghiul de înclinare.

Înălțimea mijlocului antenei în acest caz este doar $0,05\lambda$ iar antena se comportă ca o linie de transmisie monofilă, cu pierderi, al doilea conductor al liniei fiind pământul, toată radiația fiind la unghiuri mari.

De asemenea unda de sol este foarte slabă, astfel că antena înclinată este slabă și local și la DX.

O altă particularitate a antenei L inversat este că ea radiază mai puternic în direcția care a fost „pliată”.

Această directivitate poate fi folosită dacă se doresc legături cu anumite țări sau continente.

Toate antenele din Fig. 52 sunt de lungime fizică completă $\lambda/4$ tip Marconi și au impedanță de cca 36Ω la bază. Probabil că cel mai simplu dispozitiv de alimentare a antenei este o linie cu impedanță caracteristică pe jumătate realizată din două bucăți de coaxial de 75Ω legate în paralel (Fig. 53)



Fig. 53: Două bucăți de coaxial de 75Ω se pot conecta în paralel, rezultând un „coaxial” de 37Ω , care se poate folosi la alimentarea antenei Marconi, verticală în $\lambda/4$.

Autorul a folosit această metodă cu succes, dar pentru un fider lung ar fi destul de costisitor. Fiderul de 37Ω se conectează la transmatch care face adaptarea cu ieșirea transceiverului, de 50Ω și constituie un circuit acordat între echipament și antenă. Altă cale de alimentare a antenei în $\lambda/4$ este montarea unui circuit acordat la baza antenei care permite adaptarea cu fiderul coaxial de orice impedanță. Totuși un astfel de circuit necesită o bună protecție la intemperii și acord de la distanță.

5.2. Rezistența de radiație

În capitolele anterioare s-a discutat despre impedanța antenei, care este pur rezistivă când antena este la rezonanță și are o componentă reactivă când antena este mai lungă sau mai scurtă. Pentru antenele Marconi [verticale] scurtate, care pot fi aduse la rezonanță prin „încărcare” cu capacitate la vârf sau bobină la bază (sau la mijloc), foarte importantă este rezistența de radiație. Rezistența de radiație (invizibilă) înmulțită cu pătratul curentului de la baza antenei, dă puterea

radiată. Energia aplicată antenei se consumă o parte prin radiație și o parte în încălzirea rezistenței antenei, pământului, bobinei de alungire și a dielectricilor din jur. În cazul unei rezistențe obișnuite R , puterea $P=R \cdot I^2$ se transformă doar în căldură. În cazul antenei fără pierderi, R este rezistența „de radiație”, care semnifică „pierderile” prin radiația câmpului electromagnetic. În cazul obișnuit antena are pierderi și R este suma rezistenței de radiație cu rezistența de pierderi: $R = R_r + R_p$. Rezistența de pierderi include rezistența pământului și a conductorului antenei.

Rezistența de radiație a antenei Marconi este foarte importantă și hotărăște randamentul antenei.

5.3. „Încărcarea” antenei la bază și la vârf.

Antenele verticale Marconi în $\lambda/4$ continuă să radieze [mai slab] dacă sunt scurtate și aduse la rezonanță prin „încărcare”.

Există două metode mai folosite de „încărcare”: la bază și la vârf. O variantă intermediară este „încărcarea” la centru (sau orice alt punct) mai dificilă constructiv, folosită mai ales la antene foarte scurtate pentru lucrul mobil, și foarte rar la antene fixe.

În Fig. 54a este un exemplu tipic de „încărcare” a antenei scurtate cu ajutorul unei bobine, la bază. Bobina înlocuiește electric porțiunea care lipsește din antenă [dar bobina nu radiază]. Metoda este simplă iar bobina se poate [uneori] plasa în stație. Din păcate metoda este cea mai ineficientă și micșorează rezistența de radiație a antenei. Antena verticală în $\lambda/4$ Marconi radiază maxim cu porțiunea parcursă de curentul maxim, în acest caz aceasta fiind bobina, care nu radiază. Bobina pusă la bază are conductorul cam de două ori mai lung decât porțiunea lipsă din antenă și are pierderi ohmice, chiar dacă conductorul este gros. Autorul are o antenă marconi lungă de peste 60 m, fără bobină, care are în curent continuu rezistența de $0,5 \Omega$, iar în RF - ceva mai mare.

În Fig. 54b se dă o antenă Marconi scurtată, cu bobina la mijloc, iar în Fig. 54c cu bobina la vârf, rar folosită deoarece bobina trebuie să aibă inductanță mare [la vârf curentul fiind mic] și tensiunea ridicată poate provoca descărcări prin efect corona, în lipsa unor măsuri speciale. În Fig. 54d se dă o combinație de „încărcare” inductivă și capacitivă la vârf. Conductorul adăugat la vârf permite micșorarea bobinei.

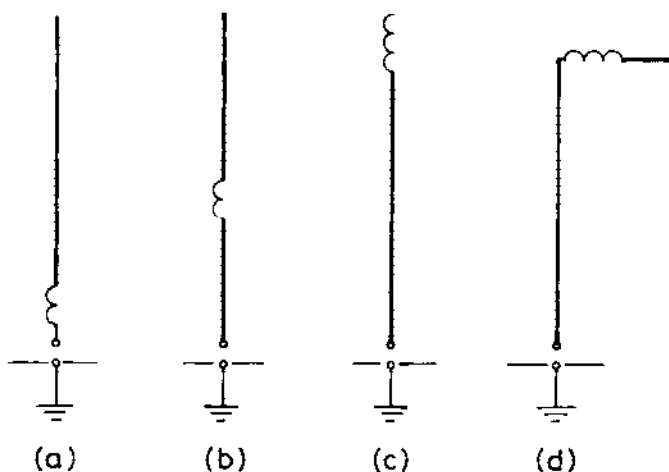


Fig. 54. Antene Marconi scurtate aduse la rezonanță cu bobină la bază (a), la mijloc (b) sau la vârf (c), pusă în serie. Montând puțin mai jos de vârf (d), inductanța ei se reduce și bobina efectul corona este redus. Antena în T este adusă la rezonanță cu ajutorul „capacității” conductorului orizontal

În Fig. 54e se dă metoda de „încărcare” capacitivă la vârf, numită deseori „antena în T”. Un dipol alimentat la mijloc se transformă în antenă verticală Marconi în T dacă se

scurtcircuitează jos capetele fiderului (paralel sau coaxial). Dar în acest caz este nevoie de o priză de pământ foarte bună și chiar de radiale, deoarece pământul nu este un plan conductor perfect.

Multe legături DX se pot astfel realiza în 1,8 MHz cu dipolul orizontal pentru 3,5 MHz, transformat în antenă verticală în T.

Pentru a mări capacitatea „terminală” se pot conecta în paralel mai multe conductoare orizontale ca în Fig. 54 f. Această soluție este folosită pe vapoare și la stații de radiodifuziune și radiofari de navigație, pe unde lungi, terestre.

Curenții în cele două laturi ale părții orizontale sunt egali și de sens contrar, astfel că radiația lor se anulează reciproc aproape total. Există doar o slabă radiație cu polarizare orizontală, perpendiculară pe conductorul orizontal. Pentru eliminarea ei se mai pune un conductor orizontal, perpendicular pe primul. Cele 4 „raze” din vârf pot fi înclinate puțin, în jos, fără a afecta mult eficiența antenei verticale.

Toate variantele antenei verticale, din Fig. 52 și 54 se alimentează la bază cu fideri de impedanță mică, coaxiali. Ele sunt antene monoband. Pe frecvențe armonice [pare] impedanța lor este foarte mare, deci nu se adaptează cu fiderul coaxial.

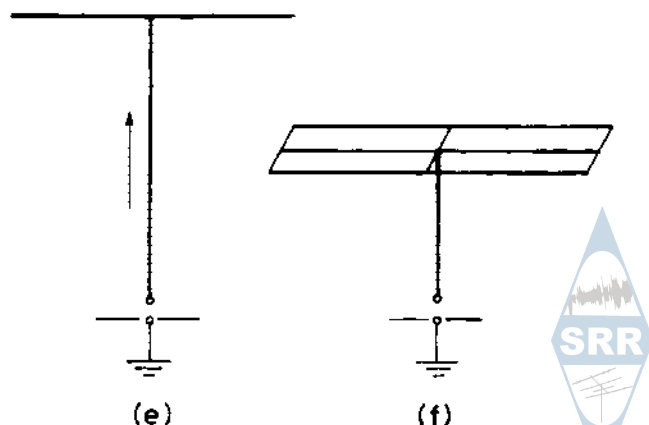
5.4. Randamentul

Randamentul antenei este raportul dintre puterea radiată și puterea aplicată, sau raportul dintre rezistența de radiație R_r și rezistența totală, conform formulei:

$$h = \frac{R_r}{R_r + R_p} \times 100\%$$

Unde R_p este rezistența de pierderi.

Randamentul este 100% dacă rezistența de pierderi (în pământ, conductorul antenei și al bobinei, și în dielectrici) este zero, ceea ce este imposibil. Randamentul se apropie de 100% când conductorul antenei este foarte gros și planul de pământ este bun conductor sau este apa sărată a mării. În revista „Ham Radio” SUA nr. 5/1983, W.J. Byron W7DHD are articolul „Antene verticale scurtate pentru benzile joase”; din care s-a extras tabelul cu antene verticale de diferite înălțimi [electrice] și rezistențele lor de radiație în cazul încărcării la bază și la vârf. Antena în $\lambda/4$ are lungimea electrică 90° . Din acest tabel 10 se vede că o antenă Marconi de $0,1\lambda$ (35°) sau mai scurtă, are rezistența de radiație de cca 4 ori mai mare



atașat la vârf, în care curenții au sensuri contrare și radiația lor se anulează reciproc (e). O capacitate terminală mai mare ca în (f) permite aducerea la rezonanță a unei antene verticale mai scurte. Cu cât este mai scurtă porțiunea verticală, cu atât randamentul este mai mic.

când este „încărcată” la vârf [capacitiv] decât „încărcată” la bază [cu bobină].

Puterea aplicată antenei verticale în $\lambda/4$ Marconi se disipă

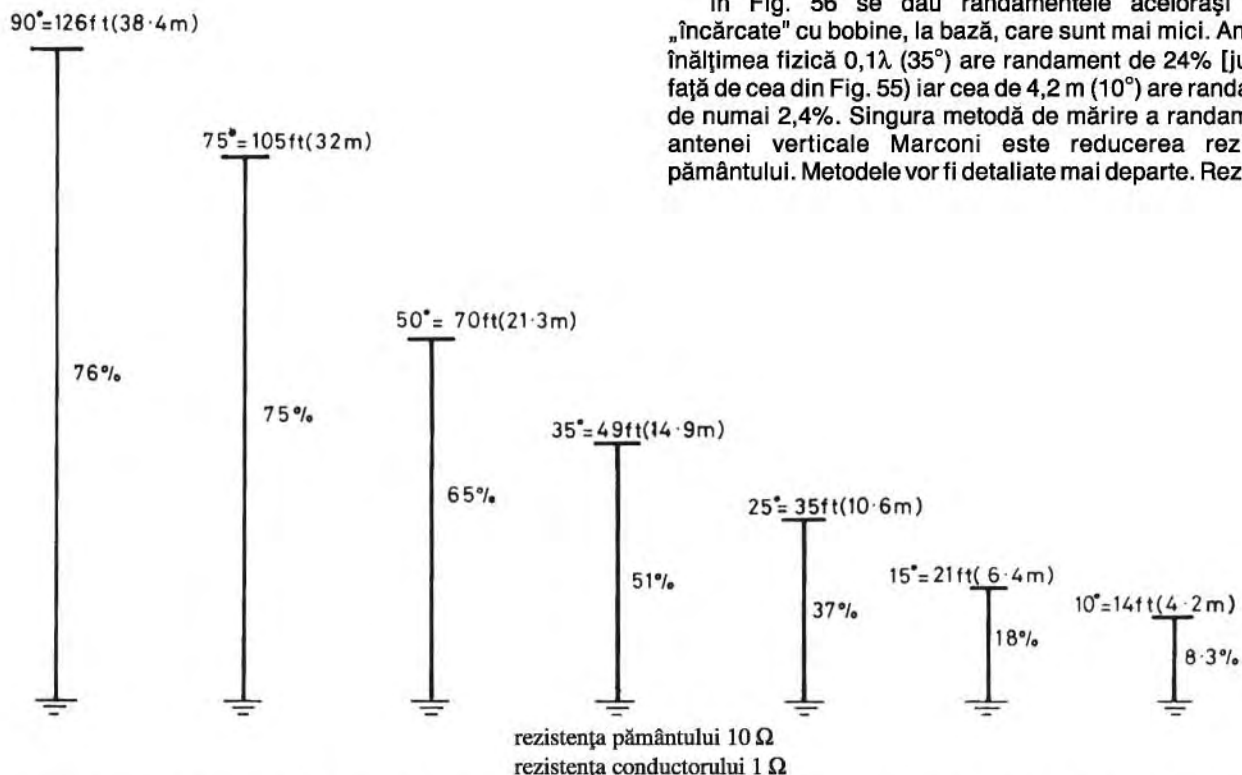


Fig. 55. Randamentul antenei în $\lambda/4$ cu capacitate la vârf, pentru 1,8 MHz, se reduce cu înălțimea ei. Valorile sunt valabile dacă rezistența de pierderi este 11 Ω.

În trei consumatori: rezistența de radiație a antenei, rezistența pământului și rezistența conductorului antenei.

Pentru a mări randamentul, rezistența de radiație trebuie să fie cât mai mare iar rezistențele de pierderi în pământ și conductoare cât mai mică. Dacă rezistența de pierderi în pământ are 10 Ω și rezistența în conductorul antenei 1 Ω,

de pierderi în conductorul antenei verticale scade când acesta este o țeavă sau un pilon.

[cu cât este mai scurtă o antena verticală, cu atât randamentul ei este mai mic]

5.5. Antena Marconi în $3\lambda/8$

Antenele în $\lambda/4$ L inversat au din păcate radiația maximă la bază, care este în casă sau foarte aproape de casă. Efectul de dielectric și de ecranare al clădirii poate să reducă mult performanțele antenei. Pentru a evita aceasta, autorul a alungit antena L inversat de la $\lambda/4$ la $3\lambda/8$, pentru 1,8 MHz lungimea ei devenind 57,9 m (vezi Fig. 57). Astfel maximum de

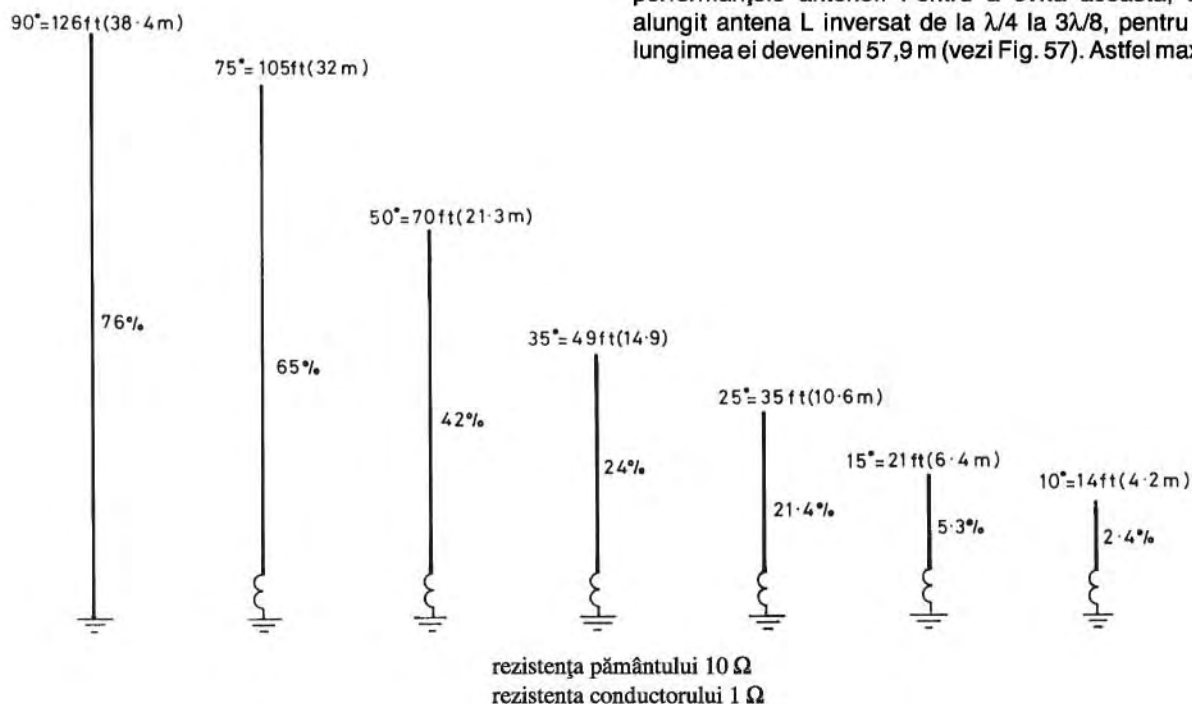


Fig. 56: Randamentul antenei Marconi cu bobină la bază

randamentul antenelor cu capacitate terminală cu diverse scurtări se dă în Fig. 55. Randamentul scade rapid la scurtări sub 35° (0,1λ), ceea ce în 1,8 MHz înseamnă 15 m.

curent, care este la 38,4 m de capătul antenei se află departe de stație, la înălțimea de 13,7 m de pământ. Deși nu este o înălțime mare comparativ cu λ în 1,8 MHz, performanțele antenei s-au îmbunătățit, permițând legături DX.



Tabelul 10. Rezistența de radiație a unei antene verticale scurtate după W J Byron W7HDH la $90^\circ = \lambda/4$

Înălțimea ($^\circ$)	Prelungit la bază(Ω)	Prelungit la vârf (Ω)
90	36	36
85	30,2	35,7
80	25,3	34,9
75	21,1	33,5
70	17,65	31,78
65	14,61	29,57
60	12	27
55	9,75	24,15
50	7,82	21,12
45	6,17	18
40	4,76	14,87
35	3,57	11,84
30	2,58	9
25	1,76	6,42
20	1,11	4,21
15	0,62	2,41
10	0,27	1,08
5	0,06	0,27

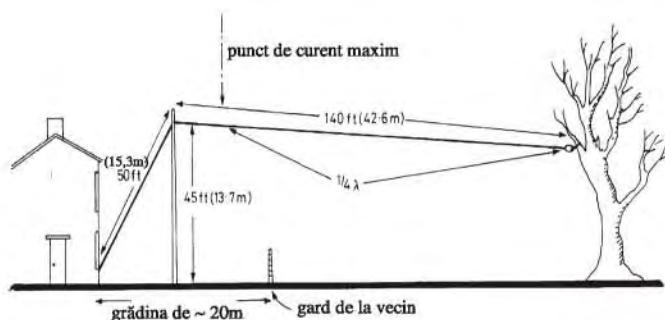


Fig. 57: Antena L întors în $3\lambda/8$ alimentată la capăt. Această lungime este convenabilă deoarece punctul cu curent maxim se află departe de casă și se adaptează mai ușor decât o antenă în $\lambda/4$ sau $\lambda/2$

În Fig. 57, datorită bunăvoinței vecinului antena a fost întinsă până la un copac din curtea lui. Impedanța antenei este mai mare decât 36Ω cât avea la lungimea $\lambda/4$ [și prezintă o componentă inductivă] și este obligatoriu un transmatch. Un avantaj este că antena funcționează în toate benzile [cu transmatch], fiind efectiv „fir lung”.

5.6. Antena „jumătate de dipol îndoit”

Această antenă a fost descrisă de Bill Orr W6SAI, care a dat și variante puțin diferite ale ei în ultimele 3 cărți ale sale. Folosind linia bifilară de 300Ω pentru realizarea antenei „jumătate de dipol îndoit”, impedanța este $80-150 \Omega$, în funcție de configurație și înălțime. Chiar dacă sistemul de radiale este mediocru, randamentul este cca 40%. În varianta originală a acestei antene „Marconi bifilară” (vezi „Semnale S9” de W6SAI) era folosită linia bifilară de 300Ω obișnuită, pentru antena lungă de $\lambda/4$, dar mai târziu, în cartea sa „Antene filare simple și ieftine” (1972) antena are linia bifilară mai scurtă și o prelungire cu un singur conductor.

Pentru a calcula lungimea fizică a antenei realizată din linie bifilară se înmulțește $\lambda/4$ cu factorul ei de scurtare (linia cu fante are $k = 0,87$). Restul până la lungimea electrică de $\lambda/4$ se completează cu un conductor. Procedul s-a folosit la antena dipol îndoit realizat din linie bifilară de 300Ω (cap. 2).

Antena „jumătate de dipol îndoit” din Fig. 58 este proiectată pentru 3,7 MHz și are nevoie de un pilon de numai 10,6 m. Eficiența antenei crește dacă porțiunea verticală este mai înaltă. Șase radiale de cel puțin $\lambda/4$ sunt îngropate sub antenă pentru a îmbunătăți conductivitatea solului. Antena se poate calcula și pentru alte benzi.

Impedanța mai mare a acestei antene permite folosirea coaxialului de 50Ω . Cu cât partea verticală a antenei este mai departe de clădiri, cu atât va fi mai eficace la distanțe mari.

5.7. Antena „jumătate de dipol îndoit cu 3 conductoare”, înclinată

Dacă jumătatea de dipol îndoit nu are două ci 3 conductoare, impedanța crește de nouă ori, apropiindu-se de 300Ω sau cu coaxial de 75Ω și balun 4:1. deoarece antena are 3 conductoare, factorul de calitate se reduce și mai mult, deci banda de trecere este și mai largă. Aceasta înseamnă că RUS rămâne mic pe o plajă mai largă de frecvențe în jurul frecvenței de rezonanță. Distanța dintre cele 3 conductoare este cca 30 cm. Lungimea antenei se calculează cu formula $L_m = 71,32/F(\text{MHz})$.

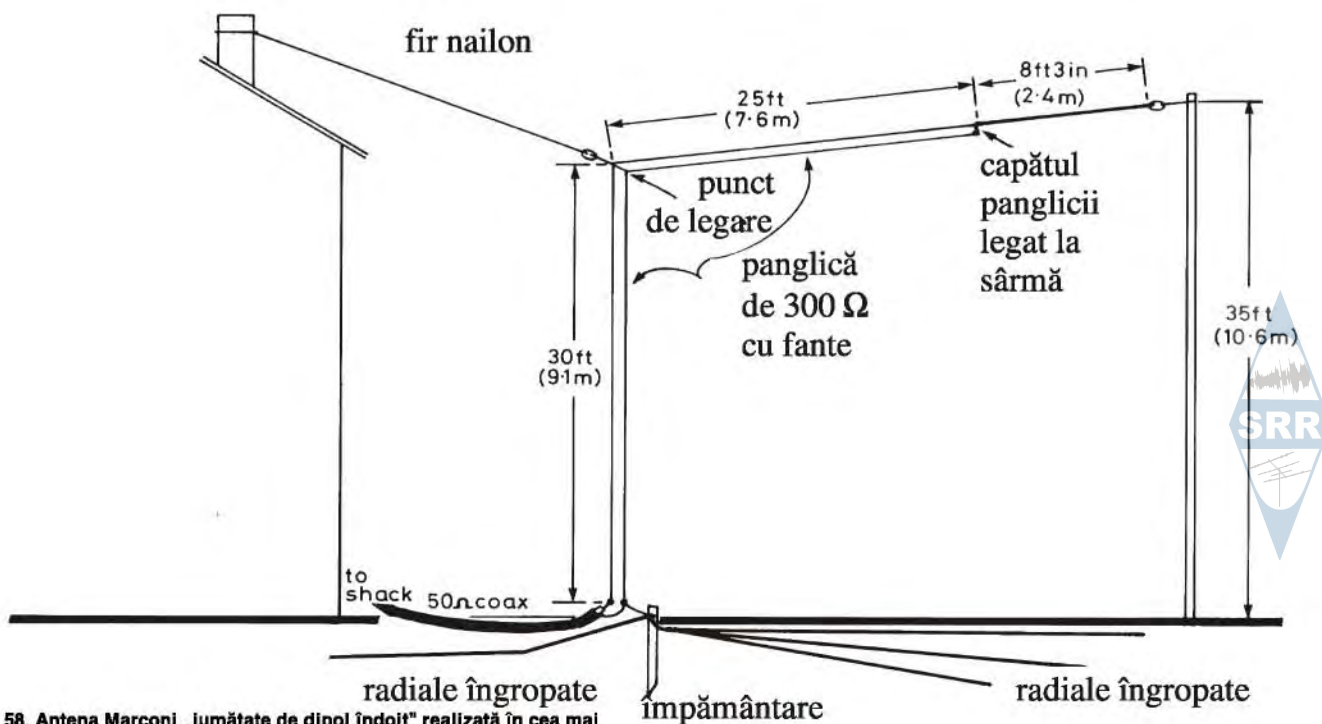


Fig. 58. Antena Marconi „jumătate de dipol îndoit” realizată în cea mai mare parte din linie bifilară de 300Ω . Folosirea principiului dipolului îndoit mărește impedanța antenei de cca 4 ori. O adaptare rezonabilă se obține cu coaxialul de 50Ω .

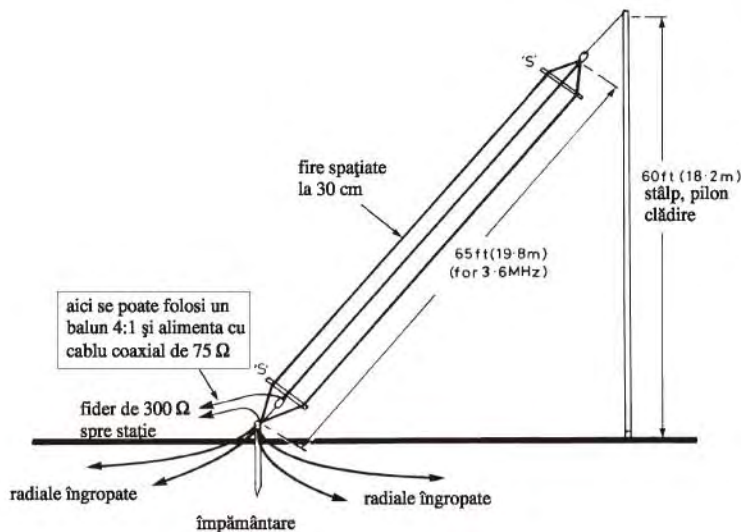


Fig. 59. Antena „jumătate de dipol îndoit cu 3 conductoare” înclinată, cu rezistența mărită, pentru 3,6 MHz, alimentată cu linie bifilară de 300 Ω. Pentru fider coaxial de 75 Ω adaptarea se face cu balun 4:1. Datorită rezistenței mari de radiație radialele pot fi mai puține.

Înclinarea acestei antene până la 30° față de verticală este convenabilă și performanțele rămân apropiate de cele din poziția verticală, cu unghi mic de radiație. Varianta din Fig. 59 este pentru banda de 3,5 MHz, iar pentru 7 MHz dimensiunile sunt pe jumătate. Distanțierii S se pot realiza din tuburi de plastic $\phi 18\text{mm}$.

Antenele „jumătate de dipol îndoit” au cam aceeași impedanță și pe armonica a 3-a. Antena calculată pentru 7 MHz lucrează și pe armonica 3-a (21MHz), dar are altă diagramă de radiație, fiind în $3\lambda/4$.

5.8. Antene Marconi puse la pământ.

Dacă se leagă la pământ baza unei antene verticale Marconi în $\lambda/4$, ea rămâne permanent la potențial zero și este parcursă de curent RF mare. Acest procedeu nu este nou dar este rar folosit de radioamatori. R. Cornet PAØRCH a publicat o antenă „jumătate de pătrat” încărcată la vârf în revista olandeză „Electron” nr. 8/1976, iar Belrose VE2CV a realizat antena semi-Delta descrisă în Cap. 4. Autorul a experimentat antene verticale puse la pământ din 1964 (vezi RSGB Bulletin nr. 2/1964) când a montat înclinat o antenă în $\lambda/4$ de la man-

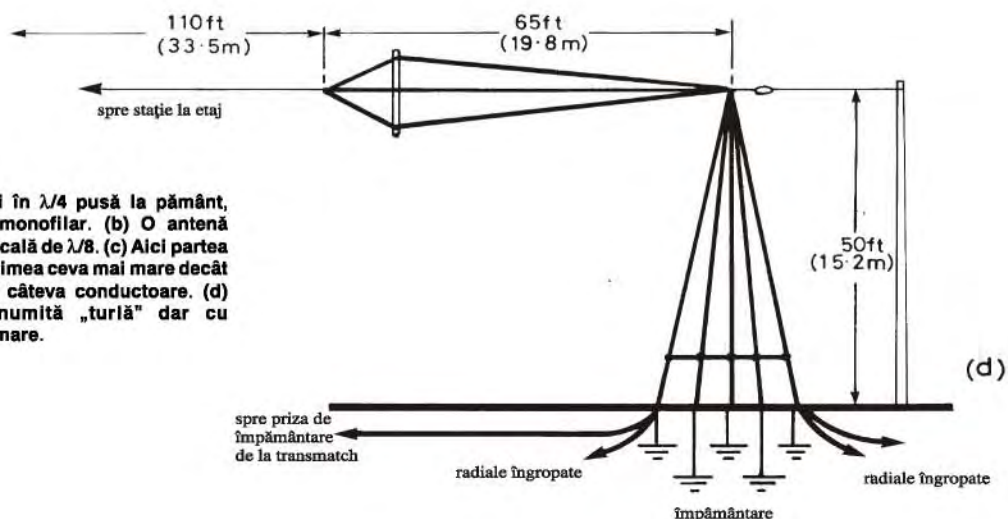
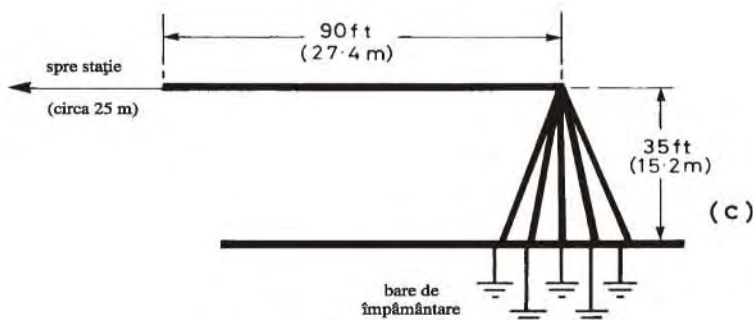
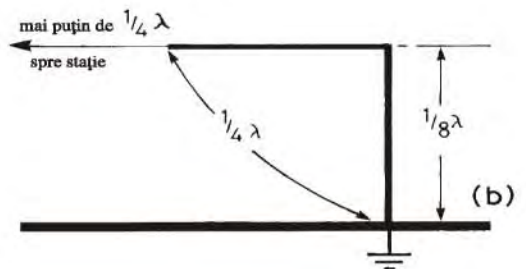
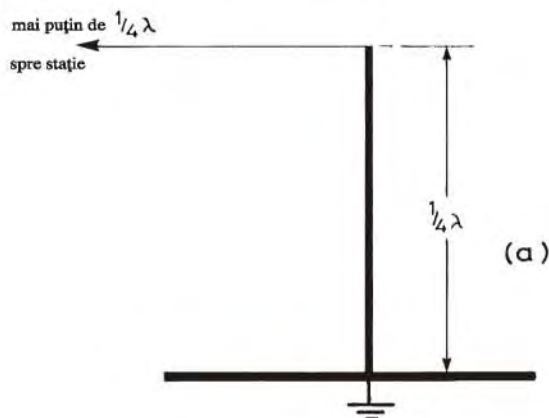


Fig. 60(a) Antena Marconi în $\lambda/4$ pusă la pământ, alimentată sus cu fider monofilar. (b) O antenă similară dar cu partea verticală de $\lambda/8$. (c) Aici partea verticală a antenei are înălțimea ceva mai mare decât $\lambda/16$ și este realizată din câteva conductoare. (d) Antenă asemănătoare, numită „turlă” dar cu capacitatea terminală mai mare.



sarda unei vile înalte până la pământ. Antena rezona pe 3,7 MHz și capătul de jos era conectat la un rezervor de apă și câteva radiale îngropate. Vârful antenei era conectat la stație cu o linie paralelă cu aer [scăriță] lungă de 1,8 m, prin transmatch. Antena lucra bine și permitea legături cu stații VK și ZL în 3,5 MHz cu 50 W PEP. Ideea a fost folosită câțiva ani mai târziu cu o antenă pentru 1,8 MHz, care funcționa și în celelalte benzi.

Pentru a avea unghi mic de radiație în benzile joase, bun la DX, singura soluție practică este antena verticală Marconi, cu polarizare verticală. Antenele Marconi L inversat, lungi de $\lambda/4$, radiază maxim la bază, din păcate, care adesea se află aproape de casă sau în casă [la stație]. Dar ele se pot instala mai departe de casă, cu baza legată la pământ și partea orizontală îndreptată spre stație. Alimentarea antenei „la vârf” este avantajoasă [uneori] față de alimentarea la bază. Porțiunea verticală are radiație polarizată vertical [cu unghi mic de plecare] iar partea orizontală completează lungimea antenei și în același timp lucrează ca fider. Partea orizontală radiază la unghi mare față de sol, permițând legături la distanțe mici.

Antena poate fi realizată și pentru benzile superioare. În Fig. 60a o antenă verticală completă în $\lambda/4$ este alimentată la vârf cu un conductor mai scurt decât $\lambda/4$, care împreună cu pământul formează o linie. Astfel de aranjament pentru 7 MHz are doar 10,6 m înălțime. În Fig. 60b aceeași antenă este frântă la înălțimea de $\lambda/8$ (ceea ce în 1,8 MHz înseamnă 19,2m), partea orizontală de $\lambda/8$ fiind continuată cu un conductor-fider, care trebuie să fie mai scurt decât $\lambda/4$ [dacă ar avea $\lambda/4$, împreună cu antena ar avea $\lambda/2$]

. Fiderul mai scurt de $\lambda/4$ nu are maxim de curent la capătul dinspre emițător, și nu radiază puternic.

Varianta din Fig. 60a, în 7 MHz trebuie plasată la cel mult 6 m de casă [pentru ca fiderul monofilar să nu aibă 10 m], și va fi ecranată în direcția casei.

Autorul a experimentat acest tip de antenă cu un pilon de numai 10,5 m și a realizat varianta din Fig. 60c. Patru conductoare coboară la prize de pământ separate dispuse la colțurile unui pătrat, care reduc rezistența pământului și

lărgesc banda de trecere a antenei. Partea orizontală a antenei în $\lambda/4$ are 27,4 m și se continuă cu 24 m de conductor considerat fider, pe care tensiunea RF scade treptat iar curentul crește treptat. La capătul dinspre emițător impedanța are o parte rezistivă medie [rezistența de radiație] și o parte capacitivă, adaptarea făcându-se ușor cu un transmatch.

Antena lucrează bine în 1,8 MHz, permițând legături DX și funcționează în toate benzile, cu bune performanțe.

5.9. Antena „turlă”

Antena din Fig. 60d, semănând cu o turlă de biserică se bazează pe un pilon de 15,2 m de la care pleacă în jos 8 conductoare spre prizele de pământ. Partea orizontală, din 3 conductoare lungi de 19,8 m, constituie o capacitate terminală considerabilă, fiecare. 1m^2 însemnând cca 40pF, deci în total cca 700pF.

Dacă dimensiunile părții orizontale se reduc la 71%, suprafața și capacitatea scade la jumătate, adică 350pF. Distanțierii din tuburi de plastic $\phi 18\text{mm}$ au câte 1,8m. Conform lui Byron, W7DHD, antena are rezistența de radiație $11,8\Omega$, și pentru a avea un randament acceptabil este nevoie de un sistem bun de radiale.

Antena dă bune rezultate în toate benzile. Conductoarele dintre vârful pilonului și pământ vibrează la vânt și se rup dacă nu sunt fixate suplimentar.

5.10. Antena „contrabas”

Dispunând de grădină mare și vecini amabili, autorul a transformat antena „turlă” în antenă „contrabas”. Denumirea a fost adoptată datorită numărului de 4 corzi ale instrumentului și sunetului produs de antenă la vânt puternic.

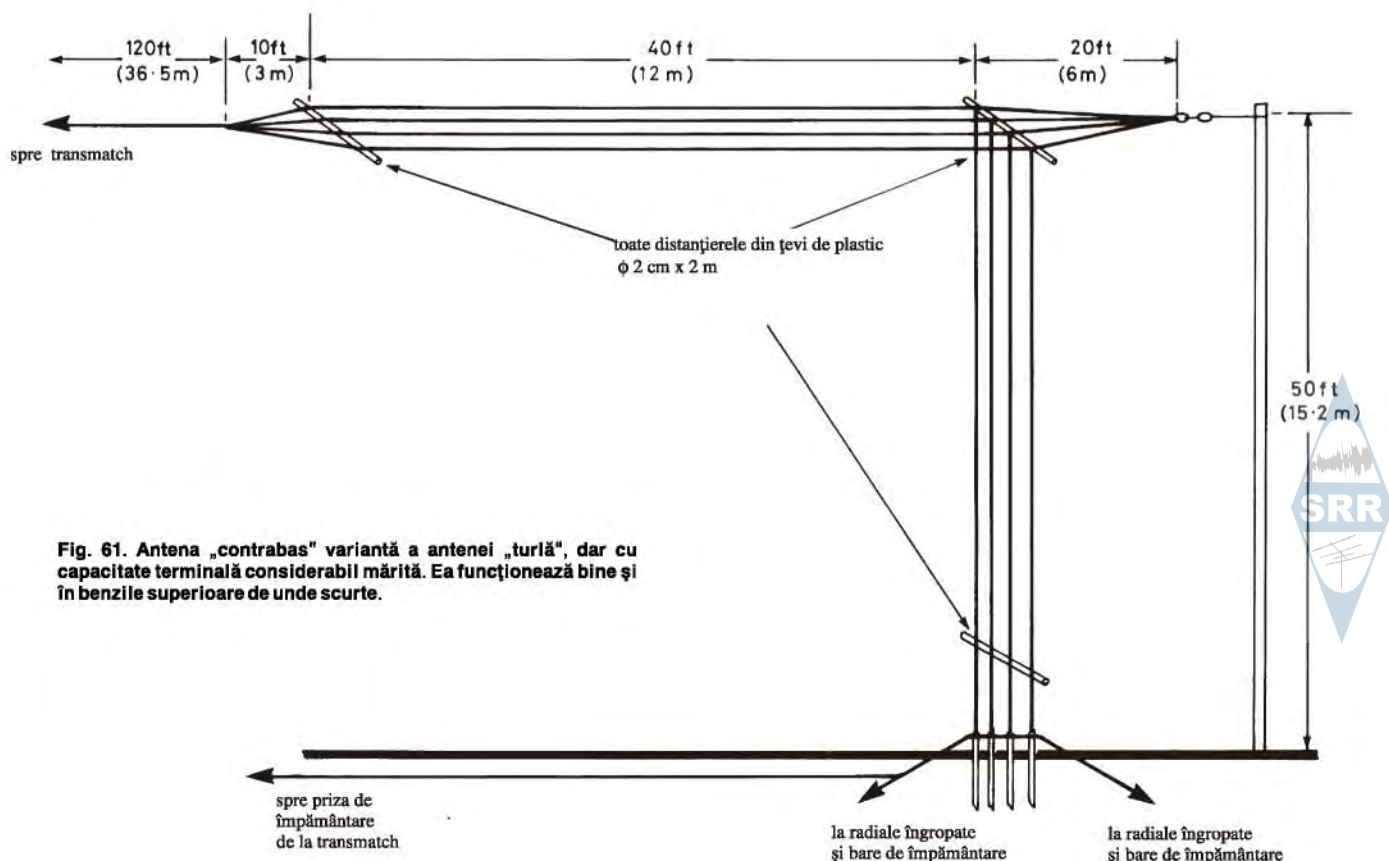


Fig. 61. Antena „contrabas” variantă a antenei „turlă”, dar cu capacitate terminală considerabilă mărită. Ea funcționează bine și în benzile superioare de unde scurte.

5.10.1. Construcția

Succesul antenei „turlă” pare să fie dat de capacitatea terminală, deci ideea este de a avea o capacitate terminală și mai mare. Autorul a realizat antena din Fig. 61, din 4 conductoare de cupru tare, lungi de 30,5 m, ținute paralel cu distanțieri din tuburi de plastic lungi de 1,8 m. Partea orizontală se conectează în stânga la un conductor lung de 36,5 m care joacă rol de fider monofilar, până la stație. În partea dreaptă, 4 conductoare suplimentare lungi de 6 m merg spre pilon, formând o capacitate terminală suplimentară. Cei patru „electrozii” bătuți în pământ sunt uniți printr-un conductor cu radialele îngropate și cu conductoarele antenei. Primul distanțier, aflat la 3 m de pământ, se leagă cu corzi suplimentare de electrozii de pământ, pentru a slăbi tensiunea la conexiunile conductoarelor antenei.

Capacitatea părții orizontale este cca 1500 pF, suficientă pentru a aduce rezonanța antenei în 1,8 MHz. Folosind 4 conductoare banda de trecere se lărgeste, rezistența ohmică scade și, cel mai important, crește rezistența de radiație. În Fig. 61 se vede și conductorul „de întoarcere” de la baza antenei la stație, la transmatch, care poate fi îngropat (total sau o porțiune) după care urcă pe perete până la stație.

Succesul acestei antene și altora asemănătoare depinde de sistemul de radiale, problemă ce va fi discutată detaliat mai departe.

5.10.2. Performanțele

Deși a fost concepută inițial pentru lucrul la distanțe mari în 1,8 MHz, antena „contrabas” s-a dovedit bună și în celelalte benzi, în special 21 și 14 MHz unde pare să întrecă antenele directive. Nu s-au observat proprietăți directive în nici o bandă și nu se încarcă cu electricitate statică, fiind legată la pământ. Antenele în „bucă închisă” sunt întotdeauna mai puțin zgomotoase decât dipolii sau antenele „Fir lung”, ceea ce este convenabil în benzile joase. Comparând semnalele recepționate cu antena „contrabas” și o antenă verticală comercială cu trapuri, în toate benzile, antena „contrabas” dă semnale mai mari cu două puncte S, uneori chiar 4 puncte. Aceasta înseamnă 12-24dB, deși antena cu trapuri se află la nivelul solului.

Din păcate antena „contrabas” captează mulți paraziți electrici, mai ales de la gardurile electrice pentru vite. Pentru o recepție liniștită autorul folosește o pereche de antene-cadru ecranate (vezi Cap. 6) montate în pod, în 1,8 MHz.

5.11. Sisteme de împământare pentru antene Marconi.

Problema principală a antenei verticale Marconi este asigurarea unui plan de pământ conductor. Situația ideală este lucrul pe o ambarcațiune sau o insulă mică, pe mare, sau o mlaștină sărată. În general pământul nu este bun conductor, cum se crede, ci mai curând un dielectric cu pierderi mari. Conductivitatea pământului variază cu frecvența, și un pământ considerat bun conductor de către inginerii electrotehnicieni [la 50 Hz] poate fi neconductor la RF. Studiile Marinei SUA au făcut lumină în problema rezistenței solului, concluziile fiind relevante. Dacă se consideră conductivitatea apei mării 4500, conductivitatea celui mai bun sol, în stare umedă, este doar 15, a unui sol mediu este 7 iar a unui sol nisipos sau calcaros - numai 2. În orașe conductivitatea relativă este cca 2, iar în zone industriale cca 1. Lacurile, eleșteele, râurile, bălțile au o conductivitate relativă 6, mai mică decât a unui pământ mediu! Deci pământul trebuie considerat un dielectric cu pierderi [pentru RF] și nu un conductor. Pământul pe care stă o antenă verticală Marconi introduce pierderi mari, de aceea

randamentul este mic când se prevăd doar câteva radiale. Majoritatea curenților [radiali] de întoarcere prin pământ întâmpină o rezistență mare și consumă inutil putere. [ideală ar fi o folie uriașă de metal, sub antenă]

Tabelul 11 demonstrează importanța rezistenței solului la antena verticală, Marconi. O rezistență a solului de 100 Ω, obișnuită pentru antenele radioamatorilor, dă un randament al antenei verticale complete în $\lambda/4$, de 26%.

Tabelul 11. Rezistența solului și eficiența antenelor verticale

Înălțimea antenei (°)	Eficiența încărcării la bază (%)	Eficiența încărcării la vârf (%)
<i>Rezistența solului - 100 Ω Rezistența conductorului 1 Ω</i>		
90	26	26
50	7,1	17
10	0,26	0,98
<i>Rezistența solului - 10 Ω Rezistența conductorului 1 Ω</i>		
90	76	76
50	42	65
10	2,4	8,3
<i>Rezistența solului - 5 Ω Rezistența conductorului 1 Ω</i>		
90	85	85
50	56	77
10	4,3	15

Randamentul devine 76% dacă rezistența pământului se reduce la 10 Ω. Cu un efort suplimentar se poate reduce rezistența de pierderi la 5 Ω, și randamentul crește la 85%.

Dacă antena este scurtată și „încărcată” la bază [inductiv] sau la vârf [capacitiv], randamentul ei deasupra unui pământ slab este foarte mic, doar 7% pentru lungimea fizică de 50° cu bobină la bază. Randamentul crește de cca 8 ori dacă rezistența solului se reduce de la 100 Ω la 5 Ω [montând radiale].

5.11.1. Electrozii de împământare.

În anii 1920-1930 multe magazine radio comercializau electrozii de împământare. Ele prezentau sisteme „ideale” formate din antenă L inversat și un electrod [țeavă] din cupru bătut în pământ lângă fereastră. Se recomandă udarea pământului din jurul electrodului și chiar turnarea saramurii.

Dacă electrozii ar fi fost eficienți la antene verticale Marconi, ar fi fost folosiți la stații comerciale și de radiodifuziune.

Câteva sute de electrozii uniți între ei ar fi fost mai ieftini decât plasele de sârmă de cupru uriașe folosite la aceste stații.

Bill Byron, W7DHD, expert în proiectarea antenelor, consideră că „electrozii de împământare sunt ineficienți la radiofrecvență. Ei sunt totuși buni pentru descărcarea sarcinilor statice și eficiența lor crește cu lungimea electrozilor, nu cu suprafața lor”.

Toate stațiile de radioamator trebuie să aibă cel puțin un electrod în pământ, mai ales contra descărcărilor electrice. [și ca priză de pământ de protecție]

Electrozii de pământ nu sunt eficienți la antene verticale Marconi. Prizele de pământ menționate anterior sunt mai degrabă puncte de ancorare a conductoarelor antenei și ale radialelor, contribuția la îmbunătățirea randamentului fiind mică.

5.11.2. „Contragreutățile”

Un articol interesant din revista „QST” nr. 2/1983 cu titlul „Sisteme eficiente de pământ pentru antene verticale” compară sistemele cu radiale aeriene („contragreutăți”) și radiale îngropate. Autorii, „bătrânii” K8CFU, W3ESU și K4HU constatau că un sistem bun de radiale aeriene (impropriu numite „contragreutăți”) este mult mai bun ca sistemul cu

radiale îngropate.

Ei au constatat o variație mare a rezistenței solului într-un teren de 91x61m destinat experiențelor, fără cauze evidente. Aceasta produce curenți diferiți în radialele îngropate. Dacă radialele sunt aeriene, izolate la capete, paralele cu pământul, influența solului neuniform este foarte mică.

În acest caz radialele sunt numite „contragreutăți” și sunt montate la 1,8-3,0 m deasupra pământului - ceea ce este o problemă pentru radioamatori. Dacă se dispune de un teren pătrat cu laturi de 30 m, se poate realiza un sistem cu 32 „contragreutăți” aeriene, foarte eficace pentru o antenă Marconi în 1,8 MHz. Sistemul a fost testat de cei 3 radioamatori care au făcut studiul și l-au denumit „minipoise” (vezi Fig. 62).

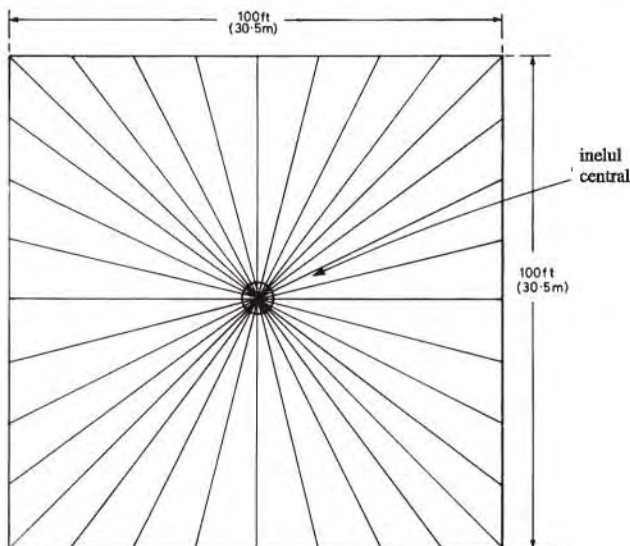


Fig. 62 : Sistemul de contragreutăți „minipoise” realizat de un mic grup de radioamatori din SUA, foarte bun pentru o antenă verticală scurtată pentru 1,8 MHz, „încărcată” la vârf.

Din păcate, puțini radioamatori din orașe au spațiu pentru un asemenea sistem de contragreutăți și sunt nevoiți să aplice alte metode pentru a reduce rezistența pământului.

5.11.3. Radialele îngropate.

Un avantaj al radialelor îngropate este că nu se văd. Cu cât numărul de radiale este mai mare, cu atât crește randamentul antenei. Mulți amatori de DX-uri în 1,8 MHz menționează pe QSL-uri construcțiile lor, de exemplu: K5UR: „antenă

verticală cu 3,6 km de radiale”; K6SE: „două antene verticale sinfazate cu 8,6 km de radiale”. Liderul radioamatorilor europeni în 1,8 MHz; SM6EHY, are 26 km de radiale! Mulți radioamatori din Anglia au antene cu multe radiale, unul având 200 radiale de peste $\lambda/4$. Există și sisteme de radiale îngropate din grad în grad, ceea ce este un vis pentru radioamatori.

Se începe cu minim 6 radiale, adăugând treptat cât mai multe, pe măsura posibilităților. Lungimea lor poate fi oricare, începând cu 6 m, spre deosebire de antena verticală Ground Plane, la care radialele trebuie să fie în $\lambda/4$.

În Fig. 63a sunt date diferite distribuții de radiale în cele 4 sectoare ale unui cerc. În sectorul sud-vest sunt radiale la fiecare 45° , ceea ce este puțin. În sectorul sud-est sunt radiale la câte 30° între ele, în sectorul nord-est sunt radiale lungi din 20° în 20° și scurte din 5° în 5° . Din cele 4 variante, cea mai bună este cea din sectorul nord-est. Aceasta asigură o concentrare în jurul bazei antenei, unde curenții de întoarcere sunt mai mari.

Nefiind posibilă întotdeauna dispunerea radialelor ca în Fig. 63a, se pot adopta alte scheme, după mărimea și construcțiile terenului. În Fig. 63b se dă o grădină imaginară cu un sistem de radiale îngropate. Principiul este evitarea suprafețelor care vor fi săpate și acoperirea unei suprafețe cât mai mari. Căările betonate ar putea fi traversate prin tunele. Scheletul din aluminiu al serei și sârmele de la gard pot fi conectate la sistemul de radiale.

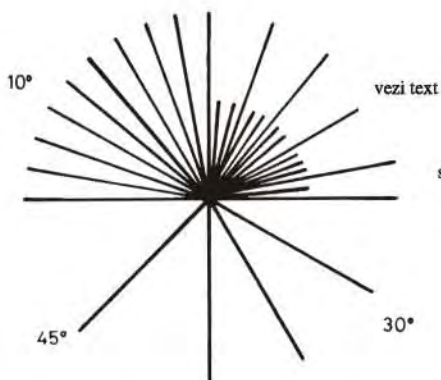
Pentru îngroparea radialelor la stațiile de radiodifuziune se folosesc pluguri speciale. Radioamatorul poate face cu hârlețul „tăieturi” în pământ, adânci de 5-8cm, în care este împins radialul. Apăsând puternic cu piciorul aceste tăieturi se închid.

5.11.4. Plase de împământare

Grădina autorului are cca jumătate de milă de sârmă îngropată greu de ținut minte pe ce trasee. În jurul bazei antenei verticale Marconi s-au așezat pe pământ câteva plase de sârmă zincată tip rabiț pentru a îmbunătăți conductivitatea solului.

Ele îmbunătățesc mult performanțele antenei, mai bine decât orice radiale îngropate. Bucățile au 10 m lungime și 1 m lățime. Plasa cu ochiuri mari este mai ieftină și corespunde pentru benzile joase. Ochiurile fiind foarte mici în comparație cu λ , plasa se comportă aproape ca o foaie metalică.

(a)



vezi text

spre stație

(b)

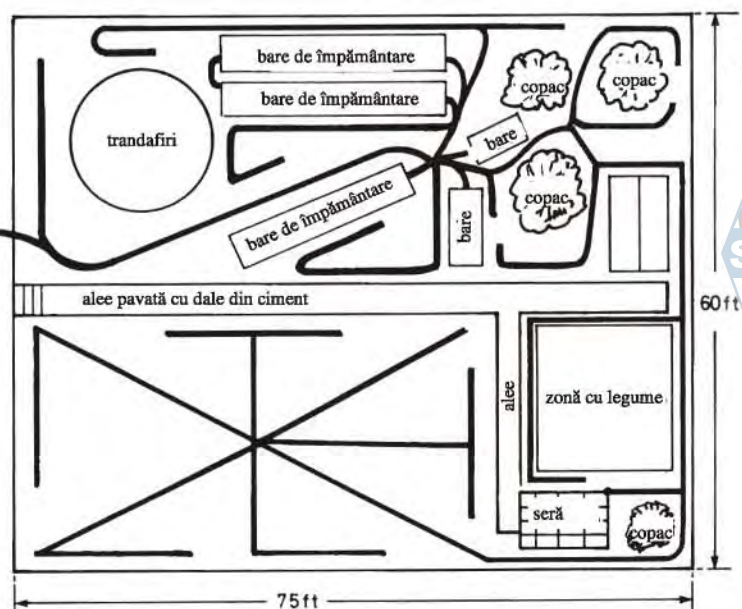


Fig. 63 (a) Diferite variante de radiale îngropate:
b) Cum se poate realiza un sistem de radiale într-o grădină tipică.

5.11.5. Montarea plaselor.

Aceste plase se întind pe pământ fără săpătură, când iarba este mică, sau după tunderea ei foarte scurt. În Fig. 64a se vede cum se instalează o plasă. Ea se conectează cu cel puțin 4 conductoare cositorite de-a lungul plasei, la electrozii de pământ. În Fig. 64b se vede forma clemelor din sârmă zincată care fixează plasa din 50 în 50 cm pe margini și în interior. Capetele plasei se fixează cu cleme mai lungi. După un timp iarba crește și plasa nu se mai vede. Dacă este posibil aceste plase se montează radial în jurul pilonului, la început 3 sau 4, ulterior încă 3 sau 4, între ele.

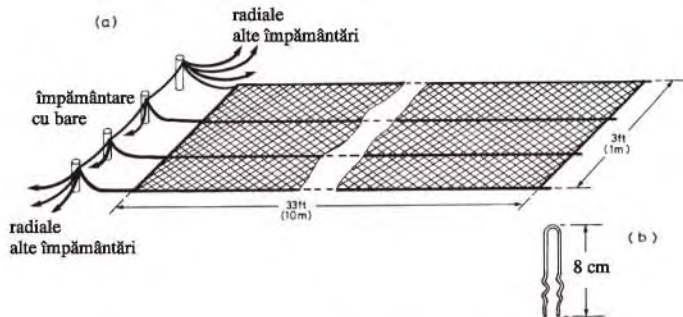


Fig. 64 (a). Plasa rabiț montată radial (b) Clemă de fixare a plasei de pământ, pe margini din 50 în 50 cm și în interiorul suprafeței.

5.11.6. Combinarea metodelor

O combinație de radiale îngropate, plase întinse pe pământ și „contragreutăți” aeriene este probabil cea mai bună pentru un plan de pământ artificial cu rezistență de pierderi mică, într-o grădină mică sau medie. Contragreutățile din conductor lițat izolat pot fi întinse pe garduri și pe gardul viu.

Ele trebuie să fie izolate de pământ și înălțate la 1-2 m, un capăt fiind conectat la priza de pământ de la baza antenei. Dacă există o grădină în fața casei și una în spate, se fac două sisteme de radiale, fiecare cu o priză de pământ, de la care se merge la transmatch cu conductoare lițate cât mai groase. Cele două prize de pământ se unesc cu un conductor foarte gros.

Țevile de apă rece se pot conecta la sistemul de „metalizare” a solului, cât mai aproape de stație. Nu se folosesc țevile de calorifer, conductorul de nul al rețelei electrice și țevile de gaz metan.

Îmbunătățirea sistemului de „metalizare” a solului este dificilă, dar fiecare radial adăugat mărește randamentul antenei verticale.



ANTENE DIVERSE

6.1. Antena Windom

Loren G. Windom (8GZ, 8ZG, W8GZ, W8ZG) a fost un radioamator american mare DX-man în anii 1920. Mulți ani el a deținut recordul din 1925 a legăturii în QRP cu doar 0,567 W cu Australia, la 10.100 mile. Totuși Windom este ținut minte nu pentru DX-uri ci pentru a antena dipol alimentată cu fider monofilar, publicată în revista QST nr. 9/1929, după cum s-a amintit în introducerea la Cap. 1. Trebuie amintit că în acel timp nu exista coaxial sau linie bifilară, astfel că un număr mare de dipoli în $\lambda/2$ sau pe armonici foloseau alimentarea la centru sau la capăt cu linie bifilară cu aer, acordată.

Multe cărți de antene recente desconsideră antena Windom, datorită producerii de TVI. Prin mutarea canalelor TV în UHF, antena Windom trebuie reabilitată deoarece și alte antene dau probleme.

Un conductor $\phi 1,6-2$ mm aerian are o impedanță caracteristică de cca 600 Ω față de pământ (pământul funcționând ca al doilea conductor al liniei). Aceasta permite conectarea liniei monofilare în acel punct de-a lungul unui dipol, unde

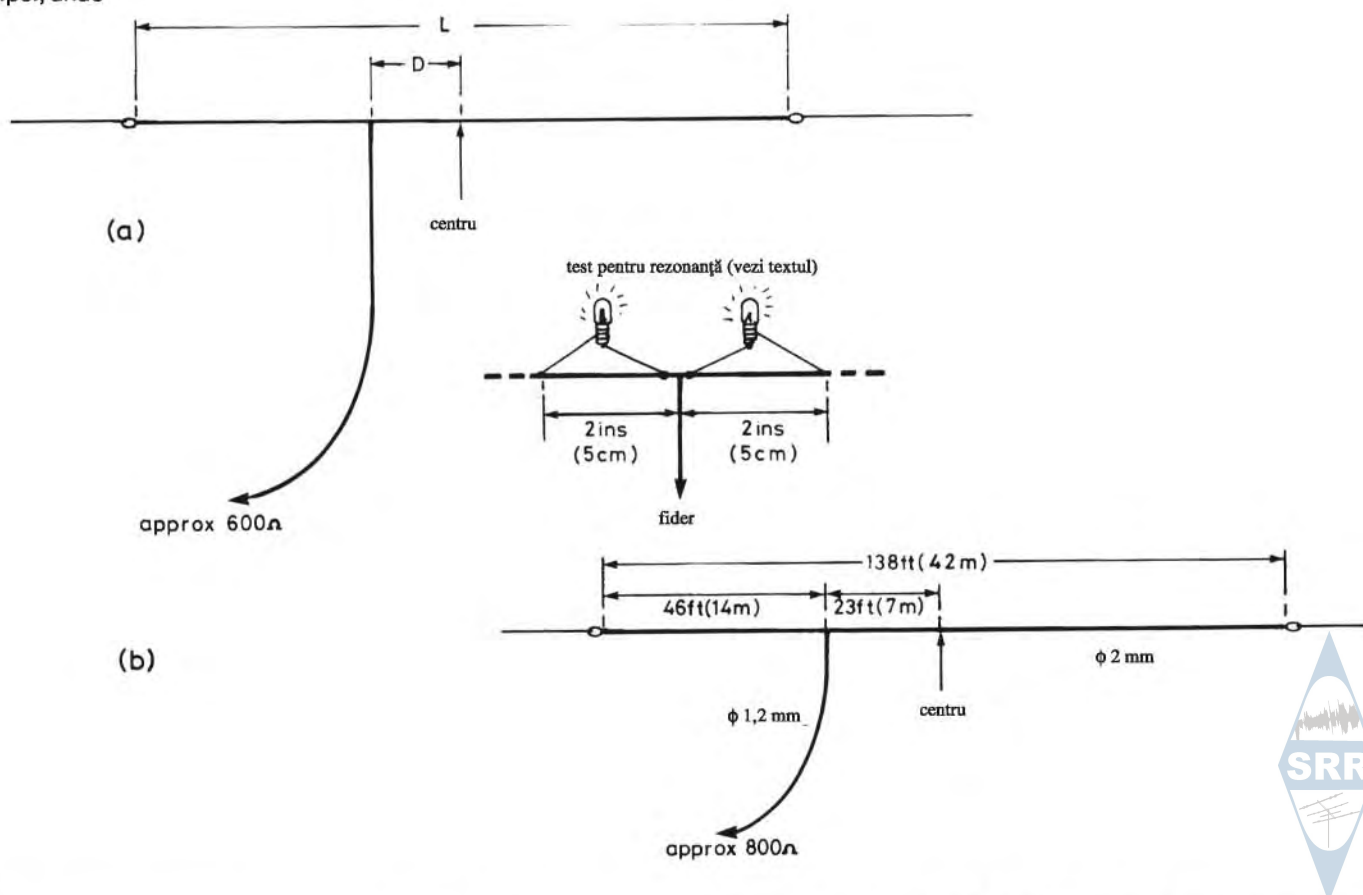
$$D_m = 19,8/F[\text{MHz}].$$

Lungimea antenei se calculează, ca la dipol, cu formula $L_m = 142,6/F[\text{MHz}]$.

6.1.1. Probleme practice

Antena Windom este un dipol în $\lambda/2$ și pentru a fi eficientă trebuie înălțată cel puțin $\lambda/2$ față de pământ. Fiderul ei monofilar trebuie să plece perpendicular pe antenă cel puțin o lungime de $\lambda/4$ și numai după aceea poate fi curbat ușor spre stație. El poate avea teoretic orice lungime, dacă impedanța lui este adaptată la antenă nu vor exista unde staționare și fiderul nu radiază. În practică acest regim este imposibil de obținut și fiderul radiază în oarecare măsură. La puteri medii tensiunea RF pe fider este destul de mare; de aceea el trebuie ferit de atingerea oamenilor și animalelor.

O priză bună de pământ este foarte importantă, deoarece pământul este al doilea conductor al fiderului. De aceea se va monta cel puțin un radial aerian rezonant pe sub antenă („contragreutate”).



impedanța are aceeași valoare (cca 600 Ω). Impedanța unui dipol în $\lambda/2$, la rezonanță, este minimă la centru și crește spre capete până la 100 k Ω . La distanța de 0,36 din lungimea dipolului, față de capete, impedanța are valoarea 600 Ω . De obicei punctul cu impedanța 600 Ω se determină prin distanța D(m) față de centrul dipolului (Fig. 65a), cu formula:

Fig. 65 (a). Antena Windom, dipol orizontal în $\lambda/2$ este alimentată cu o linie monofilară conectată într-un anumit punct al antenei. Două beculețe se folosesc pentru a aduce antena la rezonanță, înaintea conectării fiderului la antenă.
(b) Varianta VS1AA, multiband, a antenei Windom. Fiderul monofilar este mai subțire decât conductorul antenei, ceea ce ajută la adaptare. Distanța dintre centrul antenei și punctul de conectare a fiderului este $1/6$ din lungimea antenei.



6.1.2. Instalarea

Mai întâi se aduce antenna la rezonanță. În lipsa unor ampermetre de RF, se folosesc două beculețe „telefonice” de 60 mA, conectate în paralel pe antenă, simetric față de punctul de conectare a fiderului [Fig. 65, în mijloc]. Metoda are nevoie de o zi înnoată, sau se face seara. Beculețele se observă cu un binoclu.

Punctul optim de conectare a fiderului se determină cu un ampermetru RF sau cu beculețe. Un beculeț se leagă în paralel pe fider, aproape de punctul de conectare, iar celălalt beculeț mai jos cu $\lambda/4$, pe fider. Beculețele se leagă în paralel pe porțiuni egale de fider. Când punctul de conectare a fiderului la antenă este optim, cele două beculețe luminează la fel de tare. Autorul folosește o metodă rapidă de găsire a punctului optim. Cu purtătoarea aplicată, se plimbă de-a lungul fiderului un beculeț cu neon fixat în vârful unei șipci de cca 4 m, pe o distanță de $\lambda/4$, folosind o scară.

Neonul luminează la fel de tare în orice punct, când punctul optim este găsit.

6.2. Antena multiband VS1AA.

Antena VS1AA a fost inventată de Jim MacIntosh. El făcea experiențe din primul război mondial, când era telegrafist militar în Egipt și agăța antene „fir lung” de vârful Marii Piramide! A lucrat mulți ani în Malaya și a realizat antena VS1AA (variantă a antenei Windom) în Kuala Lumpur (Fig. 65b). Descrierea antenei a fost publicată în „RSGB T/R Bulletin” din noiembrie 1936, și demonstrează că dacă punctul de conectare a fiderului la antenă se află la distanța de $1/6$ din lungimea antenei, față de centru, se poate folosi antena și pe armonice pare. Dacă antena are 42 m, lucrează bine în 3,5, 7, 14 și 28 MHz. Deoarece impedanța antenei în acest punct este cca 800 Ω (mai mare ca la Windom), MacIntosh sugerează folosirea unui conductor mai subțire la fider. Dacă antena este din conductor $\phi 2$ mm, fiderul trebuie să aibă $\phi 1,3$ mm. Dipolul în $\lambda/2$ pentru 3,5 MHz are aproape 40,84 m dar antena VS1AA are 42 m pentru a funcționa și pe armonicele pare. Diferența este de 3% și nu afectează funcționarea în 3,5 MHz. Autorul folosește antena VS1AA din 1947 în diverse amplasamente și a realizat multe DX-uri în 7,14 și 28 MHz cu 20 W. Antena VS1AA are nevoie de o priză bună de pământ sau câteva „contragreutăți”:

6.3. Antena în λ alimentată cu coaxial

Aceasta este o altă antenă alimentată excentric (Fig. 66), dar fiderul este cablu coaxial. Antena are lungimea λ și se alimentează într-un punct aflat la distanța $\lambda/4$ față de unul din capete. Pe o porțiune de $\lambda/2$ a antenei curentul are o direcție iar pe cealaltă porțiune are direcție contrară. De aceea diagrama de radiație are 4 lobi. Antena lucrează bine în 14 MHz (ea poate fi calculată și pentru alte benzi), cu unghi mic de radiație când este înălțată la 9,1 m de pământ

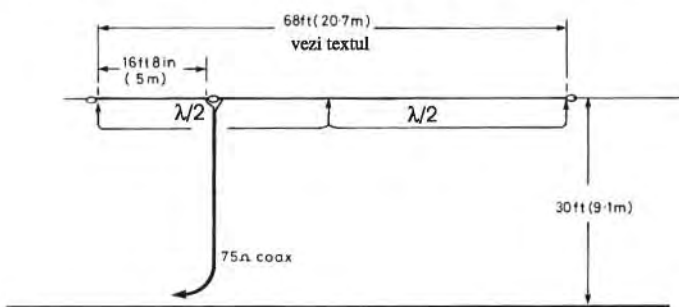


Fig. 66. Antena în λ alimentată cu coaxial de 75 Ω la $\lambda/4$ față de unul dintre capete este monoband.

6.3.1. Ajustarea și acordarea.

Antena în λ pentru 14 MHz are 20,7 m lungime și un izolator o întrerupe la 4,87 m de capătul mai apropiat de stație.

Aici se conectează coaxialul de 75 Ω , fără balun. Fiderul trebuie să fie perpendicular pe antenă cel puțin pe lungimea de $\lambda/4$ (5m) pentru a preveni disimetrizarea și radiația lui.

Se conectează un RUS-metru la coaxial și aplicând o putere mică se notează RUS în bandă. Dacă RUS minim este spre capătul de jos [14000KHz] se lungește puțin latura lungă. După câteva încercări se poate obține RUS = 1,1: 1 în centrul benzii și 1,2:1 la capete. După John Lunn G3BRD eliminând 25mm din antenă frecvența de rezonanță crește cu 100kHz. După găsirea lungimii optime, surplusul de conductor se elimină. Antena poate fi alungită cu încă $\lambda/2$ [latura lungă] și devenind în $3\lambda/2$ se comportă ca un LW, cu diagramă și câștig similar.

Antena este monoband și dă rezultate excelente în 14 MHz.

Pentru alte benzi se pot calcula antene în l corespunzătoare.

6.4. Antena G8ON

Harold Chadwick G8ON a descris antena sa pentru 1,8 MHz în „RSGB Bulletin” nr. 9/1957 și 6/1966. Mai întâi să vedem cum rezolva L.H. Thomas, G6QB, problema montării unei antene în $\lambda/2$ pentru 1,8 MHz într-o grădină mijlocie (vezi revista „Short Wave Magazine” nr. 6/1962), Fig. 67. Cei 73 m de conductor frânt sunt cu 3 m mai puțin decât $\lambda/2$ și curentul maxim (deci radiația maximă) este într-un punct aflat la cca 12 m de pilon. Fiind ceva mai scurtă decât $\lambda/2$ impedanța antenei poate fi adaptată de majoritatea transmatch-urilor. Antena este potrivită pentru comunicații la distanțe mici și medii, ea comportându-se ca un dipol aflat la înălțime mică. Porțiunea verticală paralelă cu pilonul are curent relativ mic și unda radiată de ea, la unghi mic (utilă la DX) este slabă.

Antena originală G8ON se dă în Fig. 68a. Porțiunile B+C+D însumează lungimea $\lambda/2$ la frecvența minimă. Porțiunea C trebuie să fie cât mai înaltă, și distanțată la cel puțin 1,8 m de pilon, care e bine să fie izolat de pământ. Porțiunea A lucrează ca fider monofil și înlesnește treaba transmatch-ului. Fiind scurtă are o influență redusă asupra performanțelor antenei. Porțiunile B și D au potențiale [și curenți] opuse și par plăcile unui condensator scurtcircuitat de inductanța porțiunii C. Aceasta înseamnă că între porțiunile orizontale există un câmp electric intens care creează un „curent de deplasare” prin dielectric (aerul).

Această explicație a fost dată de G6CJ și se confirmă montând un ecran electrostatic (realizat din câteva conductoare paralele, orizontale, între laturile B și D. Ecranul nu are efect când e lăsat izolat, dar când este pus la pământ, semnalele radiate scad până la 10 dB.

Varianta din Fig. 68b se folosește în grădini mai mici. Lungimea E-D-C trebuie să fie $\lambda/4$ la frecvența cea mai mică. Porțiunea E trebuie să aibă cel puțin 3,3 m. Acest aranjament micșorează „curentul de deplasare” și totuși este eficient. Când se folosește pe frecvență dublă, ca antenă în λ , curenții în laturile orizontale sunt în fază și lucrează ca două antene în $\lambda/2$ sinfazate. Aceasta dă oarece câștig pe direcții perpendiculare pe antenă.

Inductanța L se reglează astfel ca în latura C curentul să fie maxim. În punctul C se inseriază un bec mic sau un ampermetru RF în timpul reglajelor. G8ON a constatat că solul nisipos nu reduce randamentul antenei iar alții au constatat că un pământ bun conductor nu constituie un avantaj.

Aceasta probabil datorită porțiunii D care se află doar la 1,8 m de pământ. Un pământ nisipos până în adâncime înseamnă că „pământul” adevărat se află la marea adâncime, ceea ce îmbunătățește funcționarea antenei.

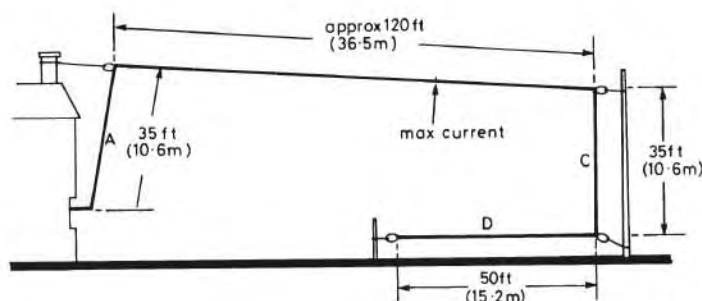


Fig. 67. Antenă în $\lambda/2$ pentru 1,8 MHz frântă pentru a încapa într-o grădină de 38 m lungime, descrisă de G6QB în 1962. Poziția maximului de curent nu asigură lucrul la DX.

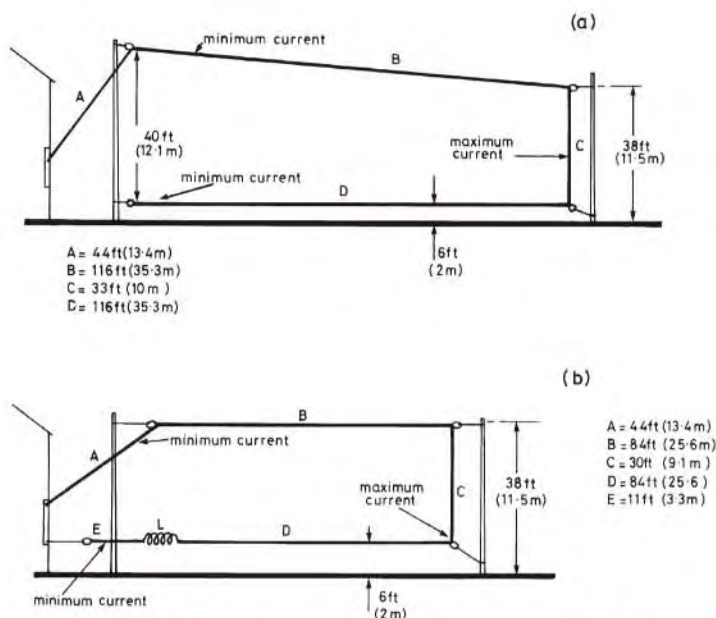


Fig. 68a. Antena G8ON originală pentru 1,8 MHz. Maximul de curent este cam la mijlocul laturii verticale C. (b) Varianta din 1966 a antenei are o bobină la 33 m de capătul E al antenei. Curentul maxim este la baza porțiunii verticale C. Dacă acest punct este legat la pământ și se elimină porțiunea D-E cu bobină, performanțele antenei nu se modifică!

6.5. Antene „sloper” [încălate] în $\lambda/4$

Antena „sloper în $\lambda/4$ ” sau „semi sloper” este o jumătate dintr-un dipol „V întors”. În mod normal o antenă în $\lambda/4$ este verticală, cu curent și radiație maximă la bază, unde se alimentează. Alimentând antena în $\lambda/4$ la capătul de sus (Fig. 69a), curentul și radiația maximă se vor afla sus, la înălțime mare față de pământ.

Antena sloper în $\lambda/4$ are ca „pământ” pilonul metalic de care este susținută, care trebuie să aibă la bază o priză bună de pământ. Unghiul dintre antenă și pilon este de obicei 45° iar radiația maximă este de la pilon spre antenă. Câștigul sloperului în $\lambda/4$ se pretinde a fi 3-6 dB față de dipolul în $\lambda/2$ și depinde de sistemul de împământare. Rezultate mai bune se obțin cu radiale îngropate sau plase întinse pe pământ. Impedanța sloperului în $\lambda/4$ este 30-60 Ω , în funcție lungimea antenei, înălțimea pilonului și unghiul dintre antenă și pilon. Pilonul metalic lucrează ca a doua jumătate a antenei, astfel că dacă el este mai înalt decât $\lambda/4$, va apare o tensiune maximă pe pilon undeva mai jos cu aproape $\lambda/4$ de punctul de alimentare a sloperului. Antenele directive fixate în vârful pilonului influențează impedanța sloperului în $\lambda/4$ și performanțele lui. Ancorele pilonului trebuie secționate cu izolatori în porțiuni care nu rezonază [care nu sunt în $\lambda/2$ sau multiplu de $\lambda/2$].

Varianta din Fig. 69b are un pilon nemetalic, care este înlocuit cu un conductor lung de $\lambda/4$ care coboară pe lângă pilon sau

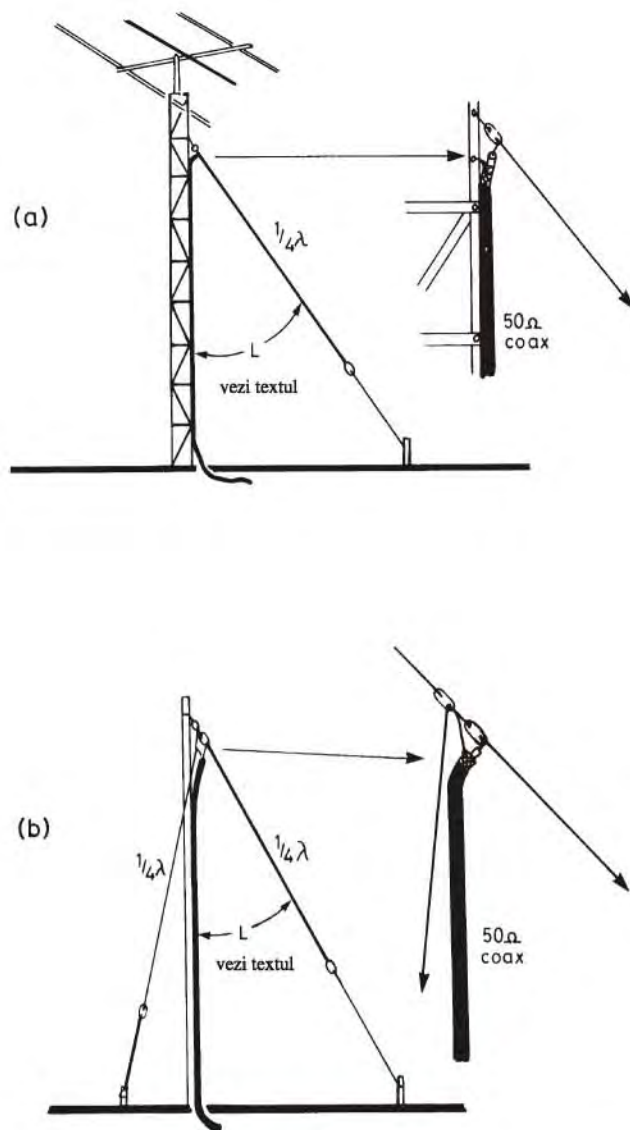


Fig. 69 (a). Antena sloper în $\lambda/4$ folosită la un pilon metalic. (b) Pilonul nemetalic poate fi înlocuit cu un conductor lung de $\lambda/4$ aproape vertical. Impedanța sloperului în $\lambda/4$ depinde de câteva variabile, una din ele fiind unghiul L. Pentru 1,8 MHz sloperul are nevoie de un pilon înalt de 33,5 m, ceea ce este irealizabil pentru majoritatea radioamatorilor. [Dar se poate folosi principiul din Fig. 69b la o clădire înaltă].

poate fi îndepărtat de pilon, pentru a obține un RUS mai mic. Pentru ca sloperul în $\lambda/4$ să lucreze multiband, coaxialul trebuie înlocuit cu o linie bifilară paralelă, care are nevoie de un transmatch.. Banda de trecere a sloperului este cca 50 kHz în 1,8 MHz, 100 kHz în 3,6 MHz, 200 kHz în 7 MHz și crește cu frecvența. Un sloper în $\lambda/4$ calculat pentru 1830 kHz (porțiunea de DX CW) are un RUS mărit peste 1,9 MHz.

6.6. Antena „pătrat orizontal”.

Antena pătrat (Quad) cu perimetrul λ este o antenă buclă, și când este montată orizontal amintește de antena directivă W8JK a lui Kraus. Spre deosebire de Quad-ul clasic, care stă vertical; aici este vorba de un pătrat orizontal: (Fig. 70). Pătratul este întrerupt cu doi izolatori, care transformă bucla în λ în două antene în $\lambda/2$ alimentate la capăt. Impedanța fiind foarte mare (cca 9000 Ω) nu poate fi folosit un fider de joasă impedanță. Antena radiază mai intens pe cele două direcții opuse indicate cu săgeți, și polarizarea este orizontală. Câștigul este 4 dB (de 2,5 ori mărirea puterii) față de un dipol aflat la aceeași înălțime. Antena calculată pentru 21 sau 28 MHz încapă în podul multor case.

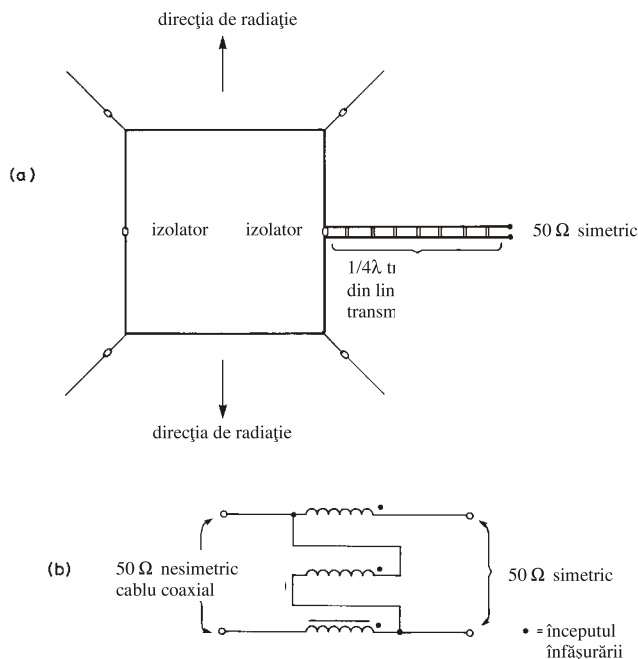


Fig. 70 (a) Antena „pătrat orizontal” întrerupt, ideală pentru interior, cu impedanță mare. Pentru transformarea ei în impedanță mică se folosește o linie acordată, în $\lambda/4$. (b) Balun 1:1 realizat cu bobinaj trifilar pe tor de ferită, la puteri moderate.

6.6.1. Alimentarea antenei

O metodă simplă de alimentare a unei antene directive de acest tip este linia acordată cu aer [scăriță] sau linia bifilară comercială de 300 Ω. Dacă antena este interioară este nevoie de o bucată scurtă de linie. Linia acordată poate fi ușor adaptată cu impedanța de 50 Ω a stației.

În Fig. 70 antena se alimentează cu o linie în $\lambda/4$ [deci acordată] cu aer, cu impedanța de 675 Ω, care transformă impedanța antenei în 50 Ω, simetric. La capătul liniei se conectează un balun 1:1 pentru a permite folosirea coaxialului de 50 Ω de orice lungime, până la stație. Pentru a transforma o impedanță în alta, linia în $\lambda/4$ trebuie să aibă impedanța caracteristică $Z_c = \sqrt{Z_{\text{ant}} \times Z_{\text{fider}}}$.

Deoarece antena pătrat „întrerupt” are cca 9000 Ω și fiderul coaxial are 50 Ω, rezultă $Z_c \gg 675 \Omega$. Lungimea $\lambda/4$ a liniei acordate trebuie înmulțită cu factorul de scurtare, care este 0,97 la linia în aer [scăriță] bine realizată:

$$l_m = 0,97 \times 74,98 / \text{FMHz}$$

Pentru 21,1 MHz linia cu aer are 3,42 m iar pentru 29 MHz are 2,51 m. Linia cu impedanța caracteristică 675 Ω are două conductoare ϕ 1,3 mm la distanța de 178 mm.

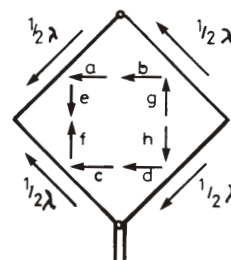
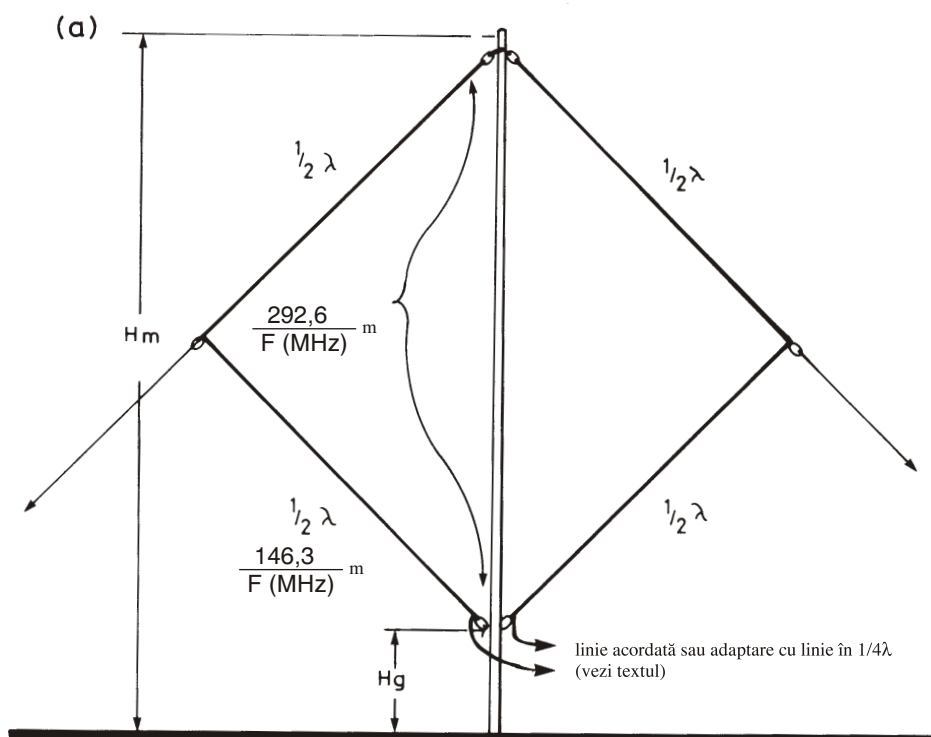
6.6.2 Construcția și instalarea.

Lungimea fiecărei jumătăți a pătratului ($\lambda/2$) la această antenă este 7,03 m pentru 21,2 MHz și 5,19 m pentru 29 MHz. Izolatorii de la cele 4 colțuri pot fi modești, în aceste puncte tensiunile și impedanțele nefiind foarte mari, la interior fiind suficiente corzi de nailon. Izolatorul din punctul de alimentare și cel opus trebuie să fie bun, fiind recomandați cei din sticlă. În 29 MHz „pătratul” are laturi de numai 2,64 m și poate fi realizată o variantă de exterior rotativă susținută de bețe de bambus, care trebuie să se rotească numai 90°. În 21 MHz bețele diagonale din bambus sau fibră de sticlă au 2,6 m. Pentru acordul antenei la rezonanță se conectează la intrarea liniei în $\lambda/4$ a unui conductor de scurtcircuitare cu 2 „crocodili”. Se cuplează bobina DIP-metrului cu acest conductor și se găsește frecvența de rezonanță. Mutând scurtcircuitul de-a lungul liniei se găsește punctul unde rezonanța are loc pe frecvența dorită. Se elimină surplusul de conductor al liniei.

Antena poate fi alimentată și cu o linie paralelă cu aer de lungime oarecare, cu transmatch. În acest caz antena nu trebuie reglată la rezonanță exact, diferența fiind preluată de fider.

La capătul liniei bifilare în $\lambda/4$ impedanța fiind 50 Ω simetric, trecerea la nesimetric se face cu balun 1:1 cu bobinaj trifilar cu schema din Fig. 70b. Cele 3 conductoare emailate se răsucesc (cum sugera anterior Moxon) și se bobinează pe un tor de ferită, după care se leagă în serie.

Coaxialul dintre balun și stație poate avea orice lungime, RUS în el fiind sub 1,5:1 pe o plajă de 400 kHz în jurul frecvenței centrale de 21,2 MHz. Banda de trecere este mai largă în 29 MHz.



componentele radiației orizontale (în fază) a, b, c, d

componentele radiației verticale (în antifază) e, f, g, h

Fig. 71 (a) Antena „pătrat dublu” are câștig pe direcții perpendiculare pe planul antenei. Ea se poate folosi pe o frecvență de 2 ori mai mică, dar câștigul este mai mic și diagrama de radiație diferă. (b) Distribuția curentului de-a lungul antenei în momentul maximului. Componentele polarizate orizontal se însumează iar cele polarizate vertical se anulează. Radiația antenei este polarizată orizontal, în două direcții perpendiculare pe planul antenei.

H_m = înălțimea pilonului

H_g = înălțimea față de pământ

6.7. Antena „pătrat dublu” (bi-square)

Această antenă are tot forma unui pătrat, dar laturile au lungimea $\lambda/2$ și este montat în plan vertical (Fig. 71). Câștigul are maxime de 4 dBd pe direcțiile perpendiculare pe planul pătratului. Pătratul este susținut de un singur pilon înalt de 11m pentru 21 MHz sau 8,53m pentru 29 MHz, ca un romb. Pătratul nu este o buclă închisă cu perimetrul 2λ ci este format din două antene în λ , fiecare având lungimea

$$l_{(m)} = 146,3/F_{(MHz)}$$

Fiecare latură are vectori de radiație cu polarizare orizontală și verticală egali (vezi vectorii a, b, c, d, e, f, g, h din Fig. 71b). Vectorii verticali (e, f, și g, h) se anulează reciproc și rămân vectorii orizontali, care sunt în fază. Aceasta înseamnă că antena are polarizare orizontală, pe frecvența de lucru. Pe frecvența de două ori mai mică polarizarea este verticală, radiația este mai intensă în planul antenei, câștigul este 2 dB și impedanța nu mai este 1000 Ω .

Pentru rezultate bune antena trebuie să aibă colțul de jos la cel puțin 1 m de pământ și preferabil la 3-3,66 m deasupra pământului electric.

Antena „pătrat dublu” se alimentează cu linie bifilară acordată [rezonantă] dar pentru lucrul monoband se poate folosi o linie de transformare în $\lambda/4$. Dacă linia în $\lambda/4$ se realizează din linie bifilară de 300 Ω , la capătul dinspre stație vom avea o impedanță de 80-90 Ω , ușor de adaptat cu cablul coaxial de 75 Ω cu ajutorul unui balun 1:1. Pentru 21,2 MHz cele două părți în λ ale antenei au câte 13,78 m, iar pentru 29 MHz, câte 10,1 m. Dacă se folosește linie bifilară tip cu găuri, cu fante, pentru a avea lungimea electrică $\lambda/4$, în 21 MHz lungimea ei este 3,04 m iar în 29 MHz - 2,14 m. Linia de 300 Ω de tip vechi are alt Factor de scurtare, cca 0,8, și pierderi mai mari.

La colțurile antenei „pătrat dublu” există tensiuni și impedanțe mari, deci este nevoie de izolatori buni.

6.8. Antenă directivă de cameră cu directivitate comutabilă.

Această antenă este un Yagi cu două elemente aflate la distanță mică: un dipol îndoit ca vibrator și un element pasiv care poate fi comutat ca director sau reflector. Antena este proiectată pentru 29 MHz și încapă într-un pod mediu sau pe acoperiș. Autorul a folosit această antenă în timpul maximului ciclului solar nr.19, din 1957, când banda de 28 MHz era deschisă majoritatea zilelor, și a lucrat în AM cu 50 W cu numeroase stații din SUA și Australia.

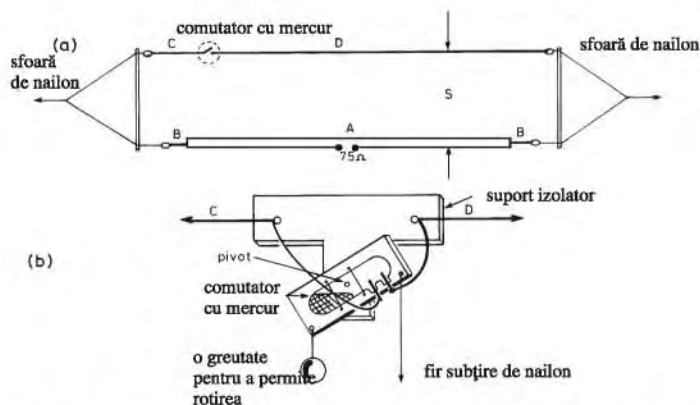


Fig. 72 (a) : Antenă Yagi cu două elemente de interior cu comutator cu mercur pentru modificarea lungimii elementului pasiv. (b) Montarea comutatorului cu mercur, ținut înclinat de o greutate. Trăgând de sfoară poziția devine orizontală și mercurul scurtcircuitează bornele.

Două bețe din bambus lungi de 1,21 m, sau șipci țin elementele antenei la distanța S (vezi Fig. 72). Vibratorul este realizat din 4,26 m linie bifilară de 300 Ω , ca dipol îndoit, cu prelungirile B la capete, de câte 30 cm sârmă. Elementul

pasiv D are 4,28 m ca director și prin adăugarea unui conductor de 0,73 m devine reflector. Comutarea se face cu un comutator cu mercur (Fig. 72b) care stă înclinat, trăgând de o sfoară, sau cu un electromagnet. Conductoarele lițate conectate la comutatorul cu mercur trebuie luate în calcul.

6.8.1. Alte probleme

Impedanța dipolului în $\lambda/2$ liniar, în prezența unui element pasiv aflat la distanță mică este cca 20 Ω . Folosind în locul dipolului liniar un dipol îndoit, impedanța este de 4 ori mai mare (80 Ω) care se adaptează bine cu fiderul de 75 Ω , coaxial. Teoretic este nevoie de un balun 1:1 între antenă, care este simetrică, și coaxial. Autorul a constatat că nu este nevoie de un balun, dacă coaxialul are lungime mică. Fiderul lung poate să producă o deviație a diagramei de directivitate.

O antenă directivă de interior are un fider relativ scurt când stația este la etaj.

Orice antenă de interior trebuie montată departe de rezervoare de apă [sau țevi]. Antena prezentată are un câștig de 5,5 dB față de dipol în spațiul liber, deci ceva mai mic în interior. Dacă podul este foarte mare, antena se poate realiza pentru 21,2 MHz și dimensiunile vor fi: A= 5,84 m B=0,45 m C=0,78 m D=6,12 m S=1,84 m.

6.9. Antena „J” verticală [J-pole]

Antena în formă de J are o istorie lungă care începe la mijlocul anilor 1930, și este folosită de obicei în VHF (50 MHz și mai sus). Ea este o antenă în $\lambda/2$ verticală, completă, cu o linie de adaptare în $\lambda/4$ la bază. Antena în $\lambda/2$ verticală are polarizare verticală și radiază omnidirecțional, la unghi mic față de sol. Randamentul ei este cu 50% mai mare decât randamentul antenei Ground Plane în $\lambda/4$ și nu are nevoie de radiale sau priză de pământ. Dacă se alimentează la centru o antenă verticală în $\lambda/2$, fiderul de joasă impedanță trebuie să meargă perpendicular pe antenă pe o direcție destul de mare (deci orizontal) după care poate schimba direcția. Altfel antena va fi dezechilibrată și impedanța ei se îndepărtează de 73 Ω .

Această problemă se rezolvă alimentând dipolul vertical în $\lambda/2$ la bază [la un capăt, unde impedanța este mare] prin intermediul unei linii de adaptare în $\lambda/4$.

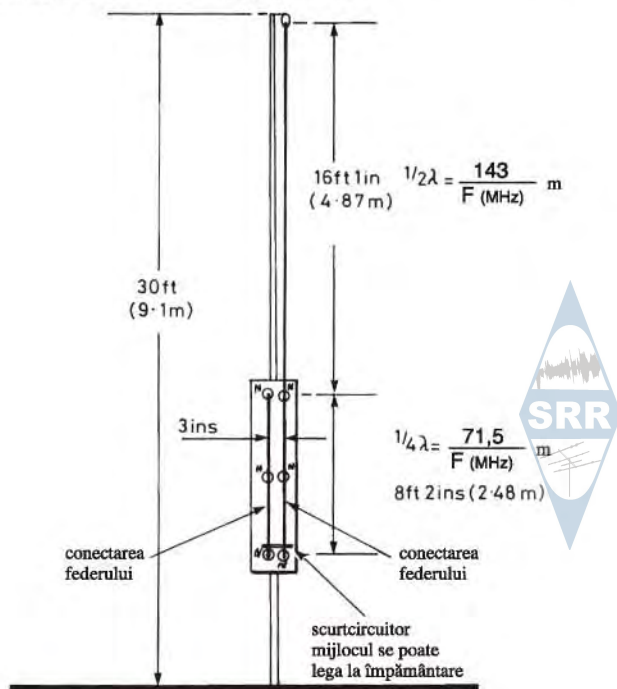


Fig. 73. Antena în J verticală pentru 28 MHz, un uriaș (jumbo) pe lângă antenele VHF. Este o antenă în $\lambda/2$ adaptată cu coaxialul cu ajutorul unei linii în $\lambda/4$ cu capătul în scurtcircuit.

6.9.1. Construcția

F.C. Judd, G2BCX, a folosit antena J ca model pentru antena sa verticală „Slim Jim”, care este o jumătate de dipol îndoit alimentat la bază cu o linie de adaptare în $\lambda/4$, ca și antena „J”. Folosind tuburi pentru antena VHF „Slim Jim”, construcția devine robustă și nu trebuie ancorată.

Antena în „J” din Fig. 73 este realizată din sârmă, pentru 29 MHz. Varianta „Slim Jim” funcționează de asemenea excelent, dar este puțin mai scumpă.

Pentru susținerea antenei este nevoie de un pilon nemetalic înalt de 9,1 m (sau un cablu de susținere, întins la această înălțime). Antena este un conductor lung de 4,87 m paralel cu pilonul. Linia de adaptare în $\lambda/4$ se montează pe o șipcă impregnată, fixată pe pilon, și are 2,48 m. Baza antenei este la cca 1,8 m de pământ, ceea ce permite ajustarea liniei [și conectarea fiderului].

Izolarea trebuie să fie bună la vârful antenei și la capătul ei de jos, conectat la o latură a liniei în $\lambda/4$. Linia în $\lambda/4$ nu radiază, are conductoarele la distanța de cca 76 mm iar capătul de jos are o bară de scurtcircuitare. Linia este ținută la distanță de șipcă cu câțiva izolatori.

6.9.2. Adaptarea

Antena „J” trebuie acordată la rezonanță înaintea conectării coaxialului de 50 Ω . O „bară” de scurt circuitare făcută din doi „crocodili” și o jumătate de spirală din conductor se fixează la capătul liniei. Se cuplează DIP-metrul la jumătatea de spirală și se caută frecvența de rezonanță. Se mută scurtcircuitatorul mai sus până ce rezonanța este pe 29 MHz. Atunci se înlocuiește scurtcircuitul provizoriu cu un conductor cositorit între laturile liniei în $\lambda/4$, iar surplusul se elimină.

Apoi se introduce un RUS-metru în serie cu fiderul, capătul coaxialului se conectează la linia în $\lambda/4$ cu doi „crocodili”, se aplică o putere mică (pe 29 MHz) și se măsoară RUS. Se mută poziția „crocodililor” până se găsește poziția care dă RUS minim, sub 1,5:1. Se înlătură „crocodilii” și se cositorește coaxialul direct la linie.

Centrul barei de scurtcircuitare se poate lega la pământ, ceea ce previne încălzirea antenei cu sarcini statice.

6.9.3. Performanțele.

Banda de trecere a antenei este mai largă dacă antena este realizată din țevă; antena din sârmă acoperă o porțiune de câteva sute de kHz unde se lucrează FM și SSB în 29 MHz. Autorul are un semnal S9 cu unda de sol până la distanțe de 50-90 km.. Posibilitățile de lucru DX nu s-au verificat, lipsind propagarea [dar sunt bune]. Diagrama de radiație este deformată de obiectele vecine (clădiri, copaci, movile, rețele) când antena este montată direct pe pământ.

După reglaje, antena trebuie amplasată pe un punct cât mai înalt (de exemplu în vârful unei clădiri) și atunci performanțele ei cresc mult.

6.10. Antene buclă ecranate mici, pentru recepție.

Recepția semnalelor slabe în 1,8 MHz este deseori împiedicată de paraziții artificiali [și naturali]. Este o „pedeapsă” pentru mulțimea de aparate și mașini casnice care ridică nivelul de trai. Locuința autorului, deși este semi-rurală, nu este scutită de o mulțime de paraziți electrici de diferite intensități, proveniți de la încălziri centrale, termostate, mixere, garduri electrice etc.

O antenă verticală bună, pentru 1,8 MHz, captează bine și paraziții locali și cei de la distanță, ceea ce l-a determinat pe autor să experimenteze antene buclă ecranate mici.

Proiectarea lor s-a bazat pe articolul lui Doug de Maw din revista QST nr. 3/1974 (WIFB), care a fost republicat în „The ARRL Antenna Handbook” ediția 14.

Forma buclei nu este critică (vezi Fig. 74) dar este importantă suprafața ei. Pentru același perimetru (deci lungime de conductor), semnalul recepționat este cu atât mai mare cu cât suprafața buclei este mai mare. Cercul (a) are suprafața cea mai mare, urmat de octogon (b), hexagon, pentagon, pătrat (c), triunghi (d), dreptunghi (e, f). Pătratul este probabil cel mai ușor de realizat și fixat, și este aproape la fel de eficient ca cercul. Triunghiul echilateral (d) a fost încercat de autor și este inferior pătratului.

Antenele buclă mici au diagrama de recepție în formă de 8 (Fig. 75b) asemănătoare cu dipolul în $\lambda/2$, cu deosebirea că recepția maximă este în planul buclei, în timp ce la dipol este perpendicular pe el, iar la buclele mari, în λ (Quad, triunghi) este perpendicular pe planul lor.

Bucla mică are o recepție foarte slabă, aproape nulă, pe direcțiile perpendiculare pe planul ei, cel puțin cu 30 dB mai slabă decât pe direcțiile maximelor.

O antenă este „bucă mică” când conductorul ei nu este mai lung decât $0,1\lambda$. Bucla mică ecranată ce va fi descrisă are conductorul lung de numai $0,036\lambda$ în 1,8 MHz, deci cca 6 m. Aceasta este lungimea maximă care se poate aduce la rezonanță. Capacitatea distribuită de-a lungul cablului coaxial din care este realizată antena este prea mare dacă bucla este mai mare.

6.10.1. Detalii de construcție.

O antenă tipică „bucă ecranată” este reprezentată în Fig. 75a (dar nu la scară). Se dispun 6 m de coaxial de 50 sau 75 Ω în formă de pătrat, capetele fiind introduse într-o cutie mică de metal, unde este montat condensatorul variabil c. Coaxialul trebuie să fie din cel cu capacitate mică. Cel mai bun este

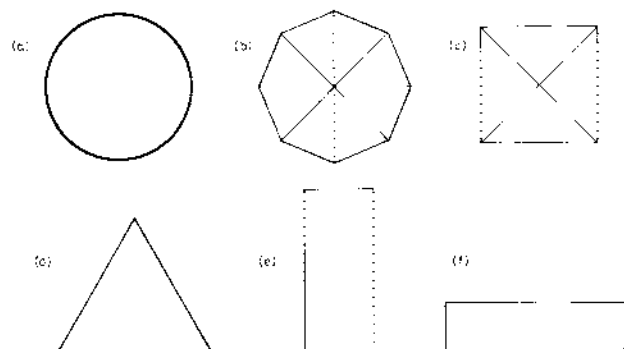


Fig. 74. Formele a-f sunt posibile pentru antena ecranată, cu o singură spirală. Toate au același perimetru, dar suprafețe diferite. Cu cât suprafața este mai mare, antena este mai bună la recepție.

coaxialul cu „semi aer”: 16 pF pe 30 cm, cu dielectric elicoidal. Coaxialul RF-11/U american, spongios (16,9 pF pe 30 cm) sau cel nespongios (20,6 pF pe 30 cm) se poate folosi cu succes. În general cablele cu aer, semiaer sau dielectric spongios sunt cele mai folosite pentru antene buclă de recepție. O buclă cu perimetrul 6 m are o inductanță de cca 15 mH, deci este nevoie de o capacitate totală de 500 pF pentru aducerea ei la rezonanță. Dacă bucla este realizată din coaxial bun, cu 20 pF pe 30 cm [total 400 pF], este nevoie de încă 100 pF pentru a rezona pe 1,8 MHz. Antenele-bucă mici, construite de autor din coaxial cu capacitate foarte mică, folosesc un condensator de 180 pF pentru acord.

Multe cable coaxiale folosite de radioamatori au 30 pF pe 30 cm lungime, deci 600 pF o buclă de 6 m - prea mult pentru a rezona pe 1,8 MHz. Condensatorul C poate fi de 360 pF, de la un aparat de radio. Bucla are la centru o porțiune de cca 25 mm unde se elimină tresa împletită; altfel ea nu recepționează nimic. Tresa nefiind continuă, lucrează ca o „cușcă Faraday”, care

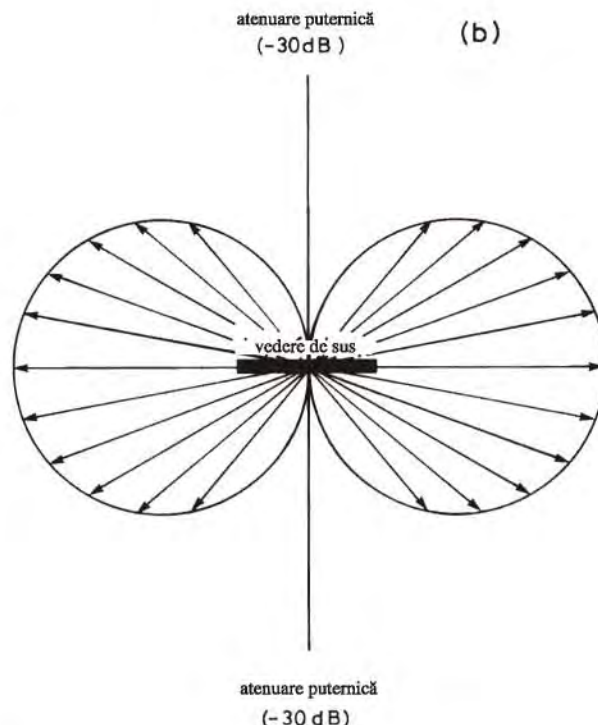
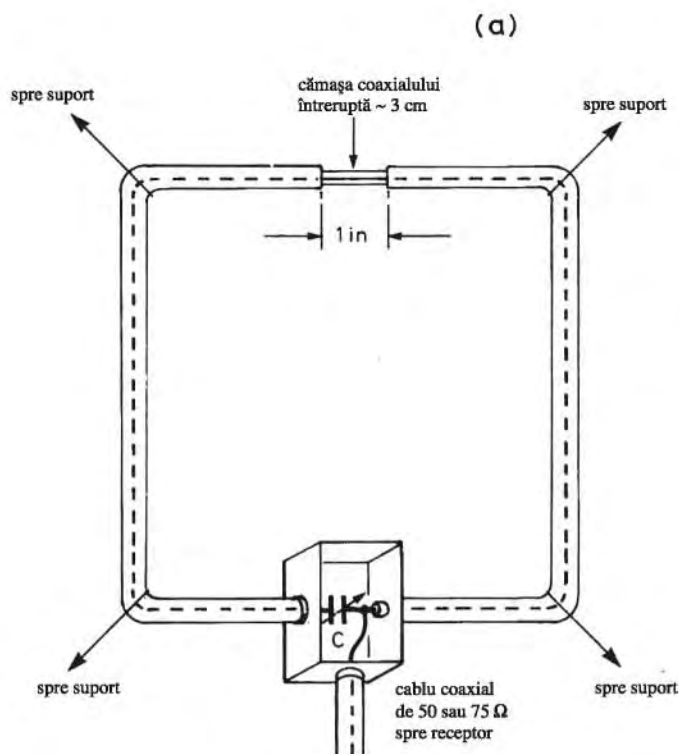


Fig. 75 (a). Detalii constructive pentru antena buclă ecranată de recepție pentru 1,8 MHz. Coaxialul folosit pentru buclă trebuie să aibă capacitate foarte mică. (b) Caracteristica de directivitate a antenei, în formă de 8, are nuli de recepție perpendicular pe planul buclei.

ecranează electric bucla, dar nu și magnetic. Bucla lucrează ca o „antennă magnetică”, neinfluențată de obiectele vecine. (În Germania buclele ecranate sunt cunoscute ca antene „magnetice”).

Ecranarea reduce mult paraziții electrostatici, ceea ce face ca antena să aibă un raport semnal/zgomot excelent.

Bucla ecranată se poate folosi cu succes în cameră sau aproape de sol. Chiar și în apropierea țevelor, rezervoarelor de metal și a rețelelor, sau în pod, antena funcționează.

6.10.2. Acordarea buclei

Prima antenă buclă ecranată a fost acordată pe 1,85 MHz de autor pe minim de zgomot la recepție, bucla fiind culcată pe podea. Apoi bucla a fost fixată vertical, în pod, cu ajutorul unor corzi. Un difuzor suplimentar a fost montat în pod, pentru reajustări.

Mai târziu autorul a montat încă o antenă identică, perpendicular pe prima, la cca 6 m distanță, și un comutator la stație, cu care se alege antena care dă recepția cea mai convenabilă.

Antena buclă ecranată are factor de calitate Q mic și acoperă toată banda 1810 - 2000 kHz.

6.10.3. Performanțe

Uneori se afirmă că buclele ecranate nu sunt directive pentru semnale venite de la mare distanță, ceea ce este greșit.

Buclele construite de autor au dovedit directivitate pentru semnale DX. Iarna semnalele recepționate din SUA (în Anglia) cu bucla orientată spre Nord-Vest sunt uneori S9+10dB, iar cu bucla orientată SUD-Vest sunt sub S9, și comparabile cu multe semnale din Europa, puternice.

O antenă buclă ecranată pentru 1,8 MHz cuplată la un transceiver „Corsair” Ten-Tec, fără preamplificator RF, reduce nivelul de zgomot cu cca 35 dB! Teste îndelungate au

buclele ecranate au deseori un avantaj de 15-20dB la raportul semnal/zgomot.

6.11. Un preamplificator de bandă largă și zgomot mic.

Deși autorul a obținut un raport s/z bun cu antena buclă ecranată, față de antena verticală, în 1,8 MHz, s-a considerat că ar fi utilă o amplificare suplimentară a semnalelor RF.

Preamplificatorul (Fig. 76) este inspirat după cel prezentat de Wes Hayward, W7ZOI în „The ARRL Antenna Book” și este deseori folosit de radioamatori în etajele RF și FI.

Preamplificatorul este stabil datorită reacției negative din emiter [rezistența nedecuplată] și din colector în bază. În colector este conectat un transformator de bandă largă 4:1 pentru a obține o impedanță de ieșire de cca 50 Ω , iar impedanța de intrare la BSX20 este cca 50 Ω . Tranzistorul original este 2N5179. Diodele în contraparalet de la ieșire protejează transceiverul, iar cele de la intrare, limitează semnalele produse de antena buclă, când se emite cu antena principală.

Transformatorul 4:1 bobinat bifilar se poate realiza pe un tor Amidon FT-50-61 sau echivalent. În lipsa torului se poate folosi o bară scurtă de ferită ϕ 6 mm. Bobinajul are 12 spire bifilare, din două conductoare ϕ 0,45 - 0,57 CuE răsucite ușor înainte de bobinare.

Preamplificatorul are un câștig de cca 15 dB și nu modifică practic raportul semnal/zgomot. El se adaptează cu coaxialul ce vine de la antenă și cel care merge la receptor și permite ascultarea semnalelor slabe.

6.11.1. Folosirea în exterior.

Dacă antena buclă ecranată se montează afară, se recomandă protejarea ei într-un tub de plastic. Trei tuburi ϕ 18 mm lungi de 2 m se pot uni formând un cerc, care după ermetizare împotriva apei se poate fixa sau chiar roti. Baza buclei poate fi la 1-1,2 m de sol, deci este nevoie de un suport puțin înalt.

Se poate realiza o antenă buclă ecranată de două ori mai

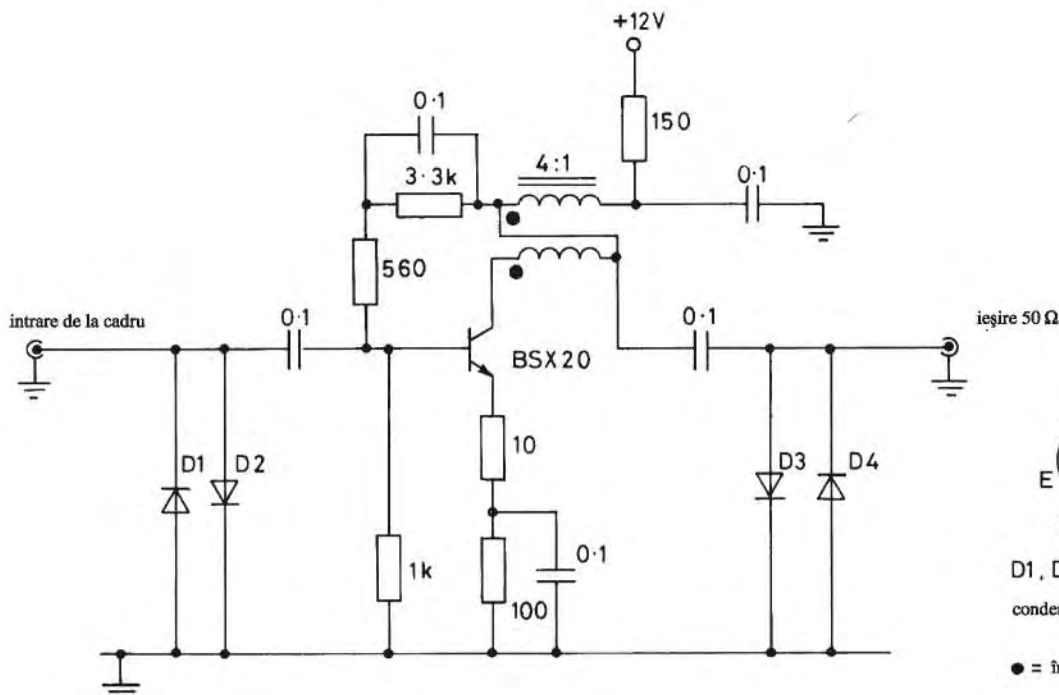


Fig. 76. Schema preamplificatorului de bandă largă pentru antena buclă ecranată. El se poate instala la antenă sau pe receptor.

este avantajoasă deoarece permite atenuarea stațiilor europene foarte puternice.

6.12. Antene Beverage.

Antena Beverage, numită și „antena cu undă progresivă” este în forma ei cea mai simplă - un conductor orizontal lung de 0,5-10λ suspendat la circa 3 m deasupra solului. Ea a fost realizată de HH Beverage pentru recepția undelor lungi, la Riverhead, USA, primul exemplar având 10 mile, deasupra unui teren nisipos, uscat. Dacă undele sosite la antenă ar fi polarizate exact vertical, în antenă nu s-ar induce curenți. Proprietățile dielectrice ale solului din Riverhead produc o înclinare mare a polarizării verticale a undelor, și componenta polarizată orizontal care apare, induce curenți de-a lungul antenei.

Semnalele recepționate de antena Beverage sunt unde de sol cu polarizare verticală, dar radioamatorii recepționează unde spațiale, care au polarizare mixtă și sosesc la antenă sub unghiuri foarte diferite. Aceasta înseamnă că antena Beverage a radioamatorului nu trebuie neapărat să fie montată deasupra unui sol uscat și dielectric. Totuși un sol cu conductivitate slabă dă o eficacitate mai mare antenei Beverage. Un articol din „Wireless World” de după primul război mondial a fost scris de un ofițer de transmisiuni dintr-o

unitate de tancuri. El scria că toți pilonii de 9 m ai antenei au fost rapid distruși, fiind lângă linia frontului, și s-a lucrat adesea cu antena întinsă pe pământ, îndreptată spre corespondent. Dar antena nu „mergea” pe alte direcții.

Aceste „fire lungi” întinse pe pământ erau precursorale antenei „de undă”, care acum se folosesc doar la recepție, dar cu 50 de ani în urmă erau variate folosite la emisie în US, peste 2 MHz.

În Fig. 77 se vede o antenă Beverage, stația fiind în capătul din dreapta. Unda radio vine din stânga și induce curenți în antenă, în diferitele ei porțiuni, care curg spre dreapta (cu viteză ceva mai mică decât unda) și sunt în fază. Ei se însumează și dau un semnal puternic la receptor. Dacă capătul din stânga al antenei este pus la pământ sau lăsat în gol, curenții induși de unda radio sosită din stânga sau din dreapta se vor reflecta de capătul din stânga spre cel din dreapta, și antena este bidirecțională. Dacă însă capătul din stânga este legat la pământ printr-o rezistență, ea consumă energia curenților care vin spre ea, reflexia nu are loc și antena este unidirecțională. Rezistența trebuie să fie adaptată [deci egală] cu impedanța caracteristică a liniei de transmisie formată din conductorul antenei și pământ.

Impedanța caracteristică depinde de diametrul antenei și înălțimea față de pământ, și are valori între 200-400 Ω. Rezistența R trebuie să fie neinductivă.

Antena Beverage lucrează cel mai bine deasupra unui sol sărac, dar priza de pământ la care se conectează rezistența

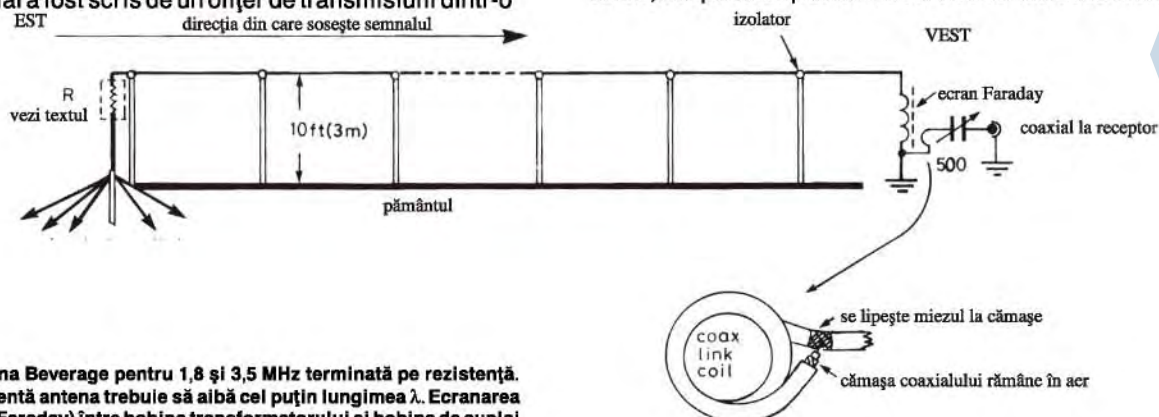


Fig. 77. Antena Beverage pentru 1,8 și 3,5 MHz terminată pe rezistență. Pentru a fi eficientă antena trebuie să aibă cel puțin lungimea λ. Ecranarea electrostatică (Faraday) între bobina transformatorului și bobina de cuplaj

trebuie să fie foarte bună. Se vor folosi câteva radiale pe pământ sau îngropate. Un transformator simplu adaptează impedanța relativ mare a antenei Beverage cu impedanța coaxialului care merge la receptor.

Secundarul transformatorului trebuie ecranat electrostatic față de primar, aceasta rezolvându-se prin două (sau mai multe) spire din coaxialul care merge la receptor (vezi Fig. 77).

6.12.1. Lungimea și performanțele.

O antenă Beverage eficientă are lungimea cel puțin 1λ , ceea ce înseamnă cca 160 m în banda de 1,8 MHz. Lungimea optimă este $1-3\lambda$ și înălțimea de 3-6 m de sol. Antena Beverage dă semnale puternice de la stațiile aflate în direcția capătului terminat pe rezistență și foarte slabe din direcții transversale. Ea are un nivel foarte mic de paraziți artificiali și atmosferici. Nici o altă antenă nu se compară cu ea la recepția DX în 1,8 MHz. Antenele buclă sunt bune, dar nu se compară cu Beverage.

Din păcate radioamatorii nu agreează lucrul pe o direcție fixă ci lucrul în orice direcție, la distanțe mari. Pentru aceasta este nevoie de mai multe antene Beverage. Puțini radioamatori dispun de teren mare pentru a instala una sau mai multe antene Beverage, astfel ca majoritatea trebuie să se mulțumească cu antene cu zgomot mic de alt tip. Informații mai multe despre antenele Beverage se găsesc în cartea „Low-band DX-ing” de John Devoldere, ON4UN, editată de ARRL.

6.13. Antena „coadă de pește” pentru 5 benzi.

Antena „coadă de pește” (Fig. 78a) se realizează din folie de aluminiu (de bucătărie) lată de 30-45 mm, ca antenă

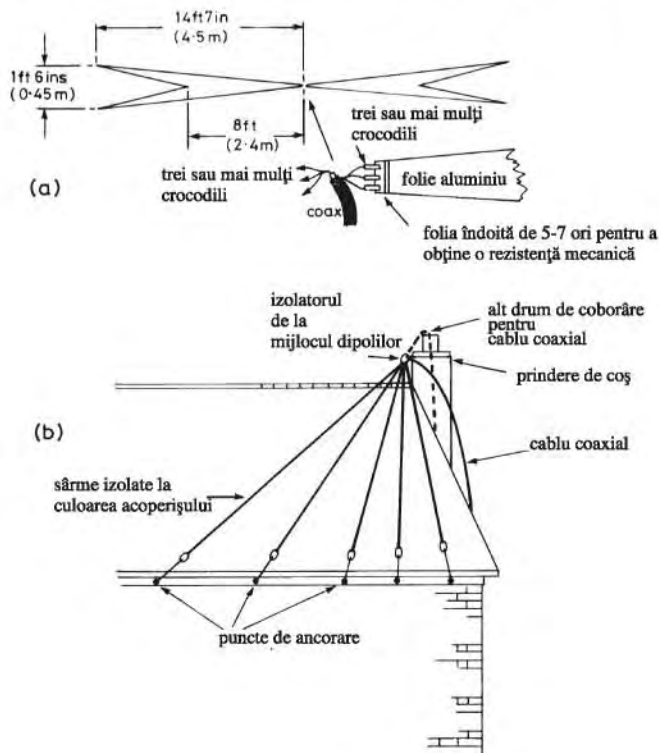


Fig. 78 (a) Antena „coadă de pește”, realizată din folie de aluminiu. Având bandă de trecere largă, acoperă cele 5 benzi dintre 14-30 MHz. Fiderul se conectează la antenă cu ajutorul unor crocodili, ca în detaliul din dreapta.

(b) „Un” dipol de bandă largă montat deasupra acoperișului casei, realizat din conductoare lițate cu izolația asortată culorii acoperișului. [se vede numai jumătate din antenă!]

interioară pentru 5 benzi. Capetele antenei se decupează în formă de V și se obține un dipol de bandă foarte largă care lucrează între 14-30 MHz cu RUS mic. Datorită tăieturilor dipolul are latura cu lungimea între 2,4 m și 4,5 m. Deși are 9 m lungime el rezonază în 14 MHz în $\lambda/2$, având „conductoare” cu capacitate mare. Alimentarea se face direct, cu coaxial de 75 sau 50 Ω , fără balun, având grijă la conexiuni.

Coaxialul nu poate fi cositorit la antenă, de aceea se folosesc câțiva „crocodili” plați, legați în paralel, pentru a reduce rezistența de contact. Folia de Aluminiu se împăturăște de câteva ori la capăt ca să nu fie ruptă de „crocodili”.

Greutatea coaxialului trebuie susținută de o sfoară legată de căpriorii podului, unde este montată antena. Autorul a descris o antenă de acest tip cu câțiva ani în urmă și a primit o scrisoare de la un utilizator care îl anunța că de la prima chemare a reușit un QSO cu ZL!

Înainte instalării trebuie găsit adezivul care lipește bine folia de aluminiu.

6.14. Dipol de bandă largă deasupra acoperișului.

În prezent proprietarii trebuie să respecte multe restricții referitoare la sârmele de rufe, anumite animale, piloni radio.

În unele locuri nimic nu trebuie să fie mai înalt decât coama acoperișului sau hornul, nici măcar antena TV. Dipolul cu mai multe conductoare din Fig. 78b este similar cu antena multiband descrisă în Cap. 1, paragraful 8, Fig. 9. Diferența este că mijlocul antenei este legat de horn iar laturile lui coboară până la izolatorii fixați de streșină sau de jgheab. Dipolul cel mai scurt lucrează pe frecvența cea mai mare, cel lung pe frecvența cea mai mică iar cei intermediari este bine să fie cât mai mulți, pentru o bandă mai largă de trecere. Conductoarele pot fi acoperite cu plastic de aceeași culoare cu acoperișul. Izolatorii pot fi mici, discreți. Un coaxial subțire de 50 Ω coboară pe lângă perete sau chiar prin horn, dacă nu este folosit. În acest caz trebuie luate măsuri, căci apa de ploaie se prelinge pe cablu.

Antena are curent maxim la centru, deci la vârful acoperișului, fără a folosi un pilon, și ea lucrează mai bine ca antenele de cameră sau din pod. Radioamatorii în vârstă consideră că un metru de antenă exterioară face cât 10 m „interiori”.

6.15. Antene subterane.

Încercați să nu râdeți, deoarece acest paragraf este serios! Antenele subterane au o istorie lungă, începând din 1912. Ele au fost încercate în anii 1920 (vezi „Amateur Wireless” din septembrie 1922) și în prezent se fac cercetări secrete în toată lumea pentru perfecționarea antenei „invizibile”. O explozie atomică distruge aproape toate antenele aeriene și doar antenele subterane ar putea rezista, nicidecum antenele parabolice montate pe piloni înalți.

Cu câțiva ani în urmă autorul a publicat un articol „glumă” de 1 Aprilie, despre antene subterane imaginare. Spre surprinderea lui, într-o scrisoare primită de la Richard Silberstein, WØYBF, i se comunica faptul că unele idei erau corecte! WØYBF fusese implicat în cercetări pe această temă mulți ani și unele concluzii le prezentase în „ARRL Antenna Compendium” Vol. 1 („Antene subterane și radioamatorism”). În „RSGB T&R Bulletin” din februarie 1927 s-a publicat un articol al lui C.H. Targett, G6PG, un entuziast al antenelor subterane. Antena lui, lungă de 18 m, izolată cu cauciuc, era la cca 75 cm sub pământ, susținută de țărâși cu izolatori și protejată cu olane (Fig. 79).

G6PG a constatat că antena, alimentată la capăt (care ieșea din pământ printr-un furtun de cauciuc), reducea paraziții aproape la zero și asigura recepția în unde scurte aproape ca o antenă aeriană. Cu 8W el a realizat legături pe l

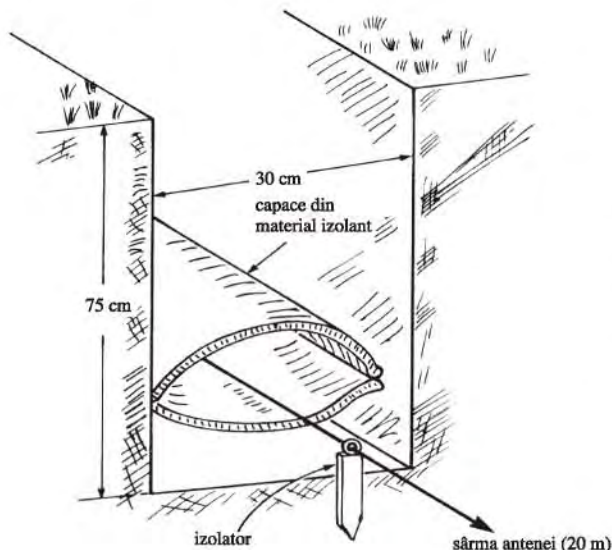


Fig. 79: O antenă subterană, „timpurie”, descrisă în „RSGB T&R Bulletin” din 1927 de G6PG.

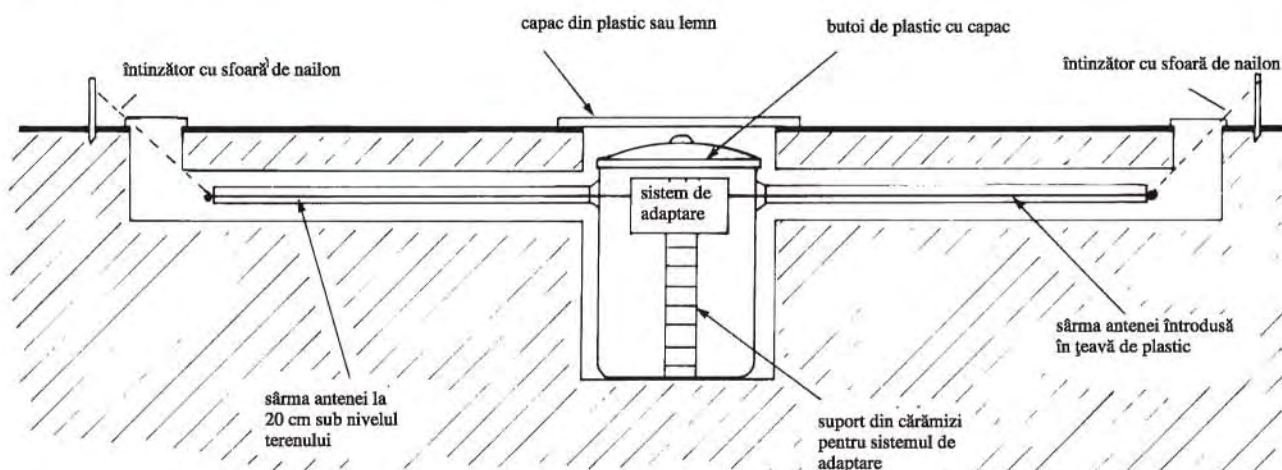


Fig. 80. Antena subterană realizată de WφYBF în 1965.

constatat factori de scurtare de 25%. Impedanța la centrul dipolului era mică, și s-a folosit acolo un circuit special de adaptare cu fiderul coaxial. WφYBF consideră că în 1965 nu dispunea de materiale izolante bune și sugerează montarea antenei în tuburi de plastic cu diametru mare, cu suporti pentru conductor, în interior.

El a adus antena la rezonanță cu un DIP-metru, după care a pus capacul din plastic la tomberonul din plastic care proteja mijlocul dipolului și dispozitivul de adaptare.

Ideea autorului pentru o antenă similară se vede în Fig. 81.

Se sugerează un tub din plastic cu diametru mare, pus într-un șanț umplut cu granule de polistiren expandat (folosite la ambalaje). Șanțul se acoperă cu pământ numai la suprafață, un strat gros de 5-7cm. Centrul antenei trebuie să fie accesibil pentru acorduri iar coaxialul să fie îngropat.

Pierderile de cca 10 dB ale antenei pot fi compensate la emisie și la recepție. Semnalul la recepție este mai slab, dar fără paraziți.

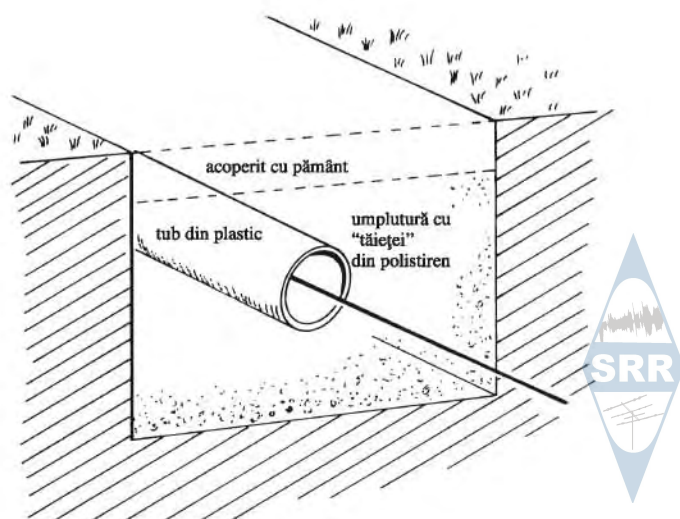


Fig. 81: Antenă subterană realizată cu materiale moderne.

lungimile de undă 150-200 m, 90 m și 45 m până la distanțe de 1000 mile. Antena era foarte directivă: toți corespondenții se încadrau într-un unghi de 30° față de capătul antenei. Aceste performanțe sunt similare antenei filare nerezonante terminată pe rezistență, și (la recepție) antenei Beverage.

În Fig. 80 se dă antena subterană experimentată de WφYBF în 1965, cu care asculta semnalele WWV din Beltsville, pe 5 MHz. Atenuarea semnalelor depinde de natura solului, și în cazul acestor antene se folosește termenul „adâncime de pătrundere”, aceea la care semnalul scade cu 8,68 dB, care este egal cu 1 Neper. Pământul este aproape un dielectric și la adâncimea de 1 m semnalul este atenuat cu cca 1,87 dB într-un sol mediu. În plus, există pierderi prin reflexie și refracție. Antena lui Silberstein, aflată la 20 cm sub pământ avea pierderi medii de 16 dB ale semnalului față de un dipol în $\lambda/2$ aflat la $0,3\lambda$ deasupra pământului.

Lungimea de rezonanță a antenei îngropate este mai mică decât a antenei aeriene. Dipolul lui WφYBF pentru 5 MHz avea doar 14,2 m în loc de 28,53 m, datorită proprietăților dielectrice ale solului, deci factorul de scurtare era 47,4% la adâncimea de numai 20 cm. La adâncimi mai mari s-au

Sisteme de adaptare a antenelor

Proiectarea și instalarea unei antene nu este deosebit de dificilă, dar trebuie rezolvată și problema transferului energiei de la emițător la antenă. Deseori o mare parte din puterea stației de radioamator se pierde sub formă de căldură sau prin radiația fiderului.

Majoritatea antenelor descrise în această carte au nevoie de un transmatch. Autorul folosește întotdeauna un transmatch între emițător și antenă, deoarece el oferă emițătorului o impedanță de sarcină corectă, reduce radiația armonicilor și micșorează la recepție semnalele cu frecvențe apropiate. Multe echipamente moderne lucrează bine numai pe o sarcină de $50\ \Omega$, și se defectează sau își reduc automat puterea dacă sarcina nu are $50\ \Omega$.

Deci trebuie rezolvate două probleme: adaptarea antenei cu fiderul și adaptarea emițătorului cu fiderul.

7.1. Adaptarea antenei cu fiderul

Această problemă a mai fost discutată, dar unele puncte trebuie aprofundate. Când antena are impedanța de cca $75\ \Omega$ (cazul dipolului în $\lambda/2$) se poate folosi coaxial sau cablu bifilar cu această impedanță. Dacă se folosește coaxial de $50\ \Omega$, neadaptarea nu este mare și pierderile nu sunt mari. Când antena are impedanță mai mare, se poate folosi linia bifilară în plastic, de $300\ \Omega$ de bună calitate sau o linie bifilară cu aer [scăriță] cu impedanța caracteristică necesară, pentru a se adapta cu antena.

Totuși există impedanțe greu de adaptat cu cablurile existente, în plaja $20\text{--}50\ \Omega$. O soluție în acest caz este punerea în paralel a două coaxiale, cum s-a arătat în Cap. 5 (vezi și Fig. 53), unde s-a realizat un coaxial de $37\ \Omega$ din două de $75\ \Omega$, pentru adaptarea cu impedanța antenei verticale Marconi în $\lambda/4$. Două coaxiale de $50\ \Omega$ puse în paralel dau impedanța caracteristică de $25\ \Omega$, iar $75\ \Omega$ cu $50\ \Omega$ puse în paralel dau $30\ \Omega$ (atenție! trebuie să aibă același factor de scurtare). Legând în paralel două linii bifilare în plastic de $300\ \Omega$ se obține o linie de $150\ \Omega$.

Folosirea liniei în $\lambda/4$ de transformare e discutată în Cap. 6 la antena „pătrat orizontal”. Din păcate linia nu realizează întotdeauna adaptarea optimă cu coaxialul, deoarece impedanța ei caracteristică nu poate avea practic orice valoare.

7.2. Linia de transmisie în $\lambda/2$.

Linia în $\lambda/2$ este puțin utilizată. Funcționarea ei se bazează pe faptul că impedanța unei linii de transmisie trece din nou prin aceleași valori după distanța $\lambda/2$, indiferent de impedanța ei caracteristică. De exemplu, dacă o linie bifilară de $300\ \Omega$, cu lungimea [electrică] $\lambda/2$, este conectată la un dipol de $75\ \Omega$, la intrarea în linie impedanța este $75\ \Omega$.

Folosirea liniei în $\lambda/2$ în benzile joase este posibilă și când antena este aproape, prin dispunerea șerpuită a liniei paralele sau în „colac” a coaxialului. În benzile înalte linia în $\lambda/2$ poate fi prea scurtă (3,6 m de coaxial în 28 MHz) și în acest caz se adaugă încă o bucată de linie în $\lambda/2$ [linia va avea lungimea λ , sau $3\lambda/2$, $4\lambda/2$ etc, fără întreruperi].

Pentru a calcula lungimea fizică de $\lambda/2$, se înmulțește

lungimea electrică de $\lambda/2$ cu coeficientul de scurtare. Majoritatea cablurilor coaxiale au coeficientul de scurtare $K=0,66$ (Fig. 82).

Cu ajutorul liniei în $\lambda/2$ [sau λ , $3\lambda/2$, etc.] impedanța „dificilă” a antenei este adusă la transmatch, care o poate transforma în impedanța dorită de emițător. Pierderile pe linie depind de construcția ei. Majoritatea cablurilor coaxiale au pierderi de 0,6 dB la 30 m lungime, la 10 MHz, și 1,2 dB la 30 MHz. Linia bifilară de $300\ \Omega$ și mai ales linia bifilară cu aer [scăriță] au pierderi mai mici decât coaxialul. În Fig. 83 se compară pierderile unei linii lungi de 91,4 m, de 3 tipuri diferite, la 10 MHz.

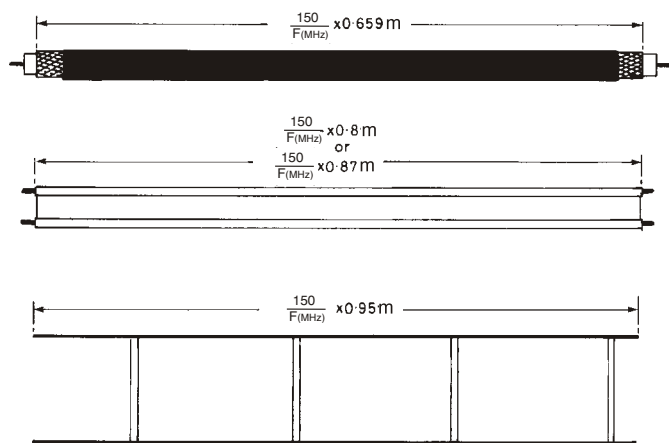


Fig. 82. Calcularea lungimii fizice a liniei în $\lambda/2$. Linia bifilară de $300\ \Omega$ de tip vechi are $K=0,8$ iar cea de tip nou, cu fante, are $K=0,87$.

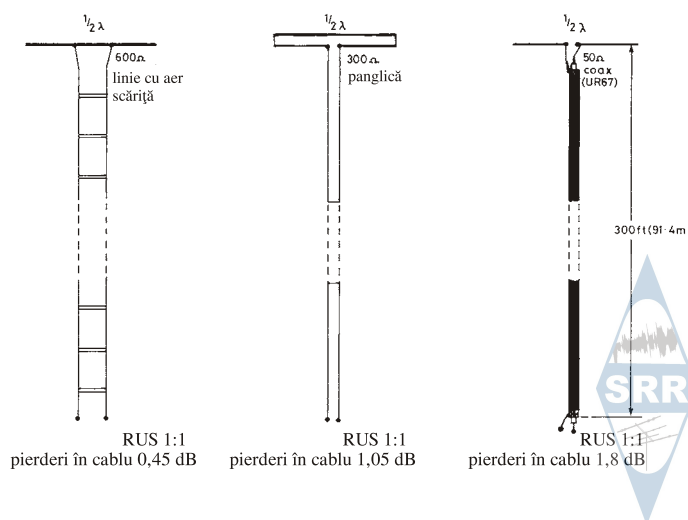


Fig. 83. Pierderile în trei tipuri de fideri care alimentează dipoli în $\lambda/2$. RUS este 1:1 în toate cazurile. Frecvența este 10 MHz. La frecvențe mai mari pierderile cresc.

Pierderile în orice coaxial cresc cu „vârsta” lui și cu expunerea la intemperii și soare. Pătrunderea apei la tresă mărește mult pierderile.

7.3. Raportul de unde staționare.

Cu ceva timp în urmă, când emițătoarele aveau etaje finale cu lămpi, se dădea puțină atenție raportului de unde staționare din fider. Emițătorul, transmatchul și antena erau reglate să dea maxim de putere în antenă și neadaptările impedanțelor erau ignorate, dacă nu erau foarte mari. Neadaptările însemnau că lămpile nu lucrau pe sarcina optimă, situație dificilă pentru ele, dar distructivă pentru etajele finale cu tranzistoare.

Majoritatea echipamentelor comerciale au în prezent etaje finale cu tranzistoare prevăzute cu circuite de protecție, care reduc puterea dacă impedanța de sarcină nu este corectă, prevenind distrugerea unor piese scumpe. Pentru măsurarea și eliminarea neadaptării se folosesc reflectometre la ieșirea din transceivere. În Fig. 84 a se da schema de conectare a reflectometrului în fiderul de joasă impedanță. Reflectometrul trebuie să aibă aceeași impedanță cu fiderul, de obicei $50\ \Omega$.

Dacă este nevoie de un filtru „trece jos” pentru limitarea radiației armonice emițătorului, el se plasează între emițător și reflectometru.

Foarte puține antene sunt perfect adaptate cu fiderul coaxial de $50\ \Omega$, deci în general există neadaptare, care produce unde staționare, care dau la capătul dinspre emițător o impedanță diferită de $50\ \Omega$. Aceasta determină circuitul de protecție să reducă puterea, iar dacă circuitul nu există, etajul final se supraîncălzește. Aranjamentul este acceptabil numai pentru lucrul în portabil cu putere mică sau în situații de urgență.

Fig. 84b da un aranjament mult mai bun pentru adaptarea antenei cu emițătorul. Transmatch-ul se folosește pentru a adapta impedanța prezentată de fider, sau de antena filară alimentată la un capăt, cu impedanța de $50\ \Omega$ cerută de transceiver. Pierdere introdusă de transmatch este neglijabilă dacă este bine proiectat, altfel el poate avea și pierderi mari.

Un reflectometru măsoară curentul direct (spre antenă) și curentul reflectat de la antenă [produs de neadaptare].

Raportul lor se numește „raport de undă staționară” RUS.

Dacă un fider cu impedanța caracteristică de $50\ \Omega$ se conectează la o antenă cu impedanța de $100\ \Omega$ sau $25\ \Omega$, RUS rezultă 2:1, dar nu arată ce impedanță are antena ($100\ \Omega$ - sau

lung de 91,5 m, cu pierderi normale de 1,8 dB va avea pierderi de 2,25 dB la RUS = 2:1, și 3,6 dB la RUS = 3,7:1.

Pierderi de 1 dB sunt nesemnificative. Urechea umană nu sesizează creșterea sau scăderea unui semnal dacă este mai mică de 1 dB. Chiar și o scădere de 3 dB (jumătate din putere) este abia jumătate dintr-un grad „S”.

La RUS = 2:1 pierdere este de 1,3 dB pe o linie bifilară de 300 Ω lungă de 91,5 m, cu plastic, și de numai 0,56 dB pe o linie bifilară cu aer [scăriță], la 10 MHz.

Indicațiile reflectometrului nu spun nimic despre partea reactivă a impedanței și deci sunt utile în acest sens numai când sarcina este pur rezistivă, fără componentă reactivă. O sarcină reactivă poate provoca autooscilația etajului final și alte probleme.

Situația este alarmantă numai când RUS depășește valoarea 3,5:1 și trebuie luate măsuri de îmbunătățire a adaptării. Majoritatea transceiverelor actuale își reduc substanțial puterea când RUS are această valoare.

7.4. Indicarea RUS

Există foarte multe reflectometre comerciale, pentru o gamă largă de frecvențe și puteri. Multe construcții de amator se găsesc în cărți și reviste, în general pentru impedanțe de 50 și 75 Ω .

În Fig. 85 se da un dispozitiv simplu care indică RUS de-a lungul unei linii bifilare. Această idee veche a fost utilizată cu succes în trecut de autor. O pereche de beculețe de 60 mA sunt conectate „spate la spate” și dau o indicație brută asupra RUS din linie. Dacă se reglează puterea emițătorului astfel ca beculețul dinspre emițător să lumineze normal, iar celălalt beculeț se aprinde slab sau deloc, RUS este sub 2:1. La puteri mici bucla este lungă de cca 30 cm iar la 50-100 W - doar câțiva centimetri. Pentru linia bifilară cu aer [scăriță] dispozitivul se fixează pe o placă de plexiglas lată cât distanța dintre fire.

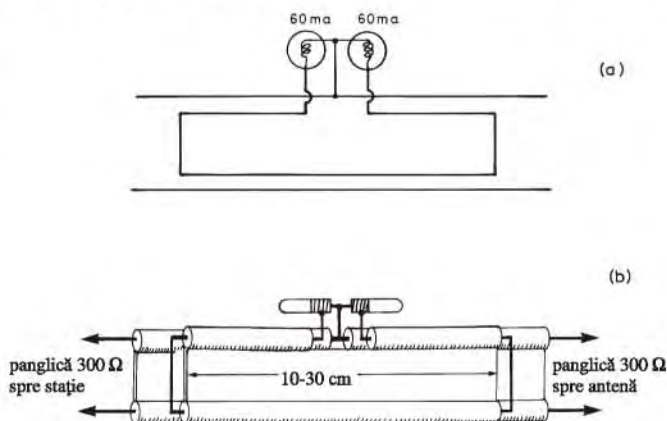


Fig. 85. O metodă simplă de apreciere a RUS pe o linie bifilară. Bucula cu beculețe se fixează alături de linia de 300 Ω . Când arde doar beculețul dinspre emițător, RUS este sub 2:1.

7.5. Sisteme de adaptare de modă veche.

Cu peste 50 de ani în urmă adaptarea cu antena se făcea direct, fără transmatch. În Fig. 86a se vede o schemă tipică de etaj final cu o singură lampă, cu circuit acordat în anod. Antena monofilă se conecta la una din prizele bobinei, printr-un condensator serie Cb. Acesta avea doar rolul de a izola antena de tensiunea anodică (care avea 500-2000V). În serie cu antena era un ampermetru de RF termic sau cu termocuplu, pentru alegerea prizei pe bobină. Chiar și o antenă cu impedanță mare, care are tensiune mare de alimentare la capătul dinspre emițător, are un curent indicat de instrument.

Fig. 84 (a). Transceiverul este conectat la fiderul antenei prin reflectometru. Aranjamentul nu se recomandă. (b) Acest aranjament folosește un transmatch între reflectometru și antenă. Dacă transmatch-ul are o schemă tip „trece sus” se va folosi un filtru TVI la ieșirea din transceiver.

25 Ω) ci numai gradul de neadaptare. Un RUS - 2:1 nu este prea mare, dacă pierderile fiderului sunt mici. Pierderile normale ale fiderului cresc cu RUS. Astfel, la RUS = 2:1 ele trebuie înmulțite cu 1,25. De exemplu, la 10 MHz un coaxial

Un etaj tipic în contratimp (Fig. 86b) alimenta antenna printr-o linie bifilară care se comută simetric pe prizele bobinei, față de mijlocul ei. O antenă simetrică și un fider simetric [bifilar] prezenta curenți egali în conductoarele fiderului. Aceste scheme simple nu reduc radiația armonicilor și a semnalelor parazite. Un condensator de blocare (C_b) străpuns făcea ca antenna să prezinte pericol de moarte la atingere.

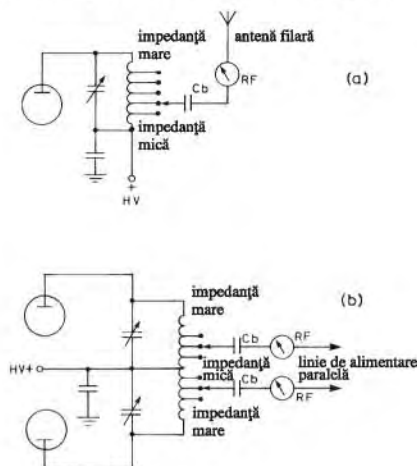


Fig. 86. Etaj final simplu (a) și în contratimp (b) cu lămpi de pe timpuri, la care antenna se adapta direct. Condensatoarele de blocare C_b erau vitale pentru protecție, ele izolând antenna de tensiunea anodică mare.

7.6. Transmatch-ul cu circuit acordat paralel.

Acest transmatch este asemănător cu circuitul anodic deja descris (Fig. 87 a). Deși este simplu, el este eficient și adaptează multe antene sau fideri monofilari, de impedanțe diferite.

Un transmatch nu trebuie să aibe Q mare, căci acordul lui ar fi foarte critic [ascuțit], ca și transferul energiei. Un Q între 10 și 12 este ideal, și pentru aceasta condensatorul de acord C și inductanța L1 trebuie să aibe reactanțe de cca 500 Ω la frecvența de lucru. Chiar și atunci, o antenă cu impedanță mare este dificil de adaptat și este nevoie de o mărire a factorului Q, ceea ce înseamnă mărirea inductanței L și micșorarea condensatorului C. O regulă aproximativă este ca C să aibe cam 1 pF pentru fiecare metru al lungimii de undă. Aceasta înseamnă, de exemplu, 40 pF și 12 mH pentru transmatch-ul în banda de 40 m. Valorile recomandate pentru 7 benzi de radioamatori, cu reactanțe de 500 Ω , sunt:

Banda (MHz)	C(pF)	L(mH)
1,8	180	40
3,5	90	22
7	45	12
10	33	8
14	20	6
21	16	4,5
28	11	3

La puterea de 100W, C trebuie să aibe distanța între plăci de 1,5 mm sau mai mult. Bobina de cuplaj L2 are una sau două spire și poate fi fixată la o distanță variabilă față de L1, la capătul ei „rece” [legat la pământ]. Coaxialul de la L2 merge la emițător, trecând printr-un RUS-metru Prin acordarea condensatorului mutarea prizelor antenei pe L1 și schimbarea cuplajului dintre L2 și L1 se găsește RUS minim. Pentru lucrul pe mai multe benzi L1-L2 se fac separat pe fiecare bandă, interschimbabile, cu conductor gros sau țevă de cupru. Bobina de cuplaj are același număr de spire.

7.7. Un transmatch pentru fideri bifilari.

O variantă a schemei anterioare, aranjată astfel ca să permită adaptarea unei linii bifilare, se dă în Fig. 87b.

Transmatch-ul din Fig. 87b poate adapta impedanțe medii și mari. Condensatorul variabil C1 are două statoare, deci, două condensatoare variabile legate în serie, iar rotorul dublu trebuie legat la pământ, deși în schemă nu se precizează.

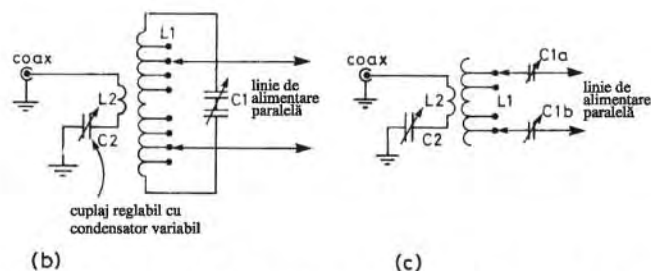
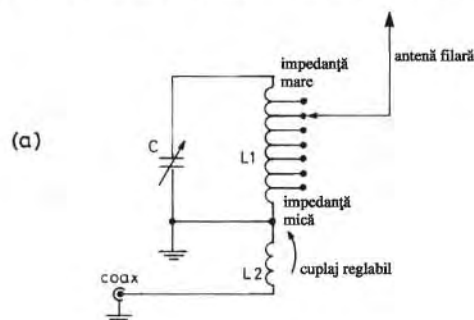


Fig. 87 (a). Transmatch-ul „circuit oscilant paralel” adaptează o gamă foarte largă de impedanțe ale antenelor, dar are probleme cu impedanțele mici. Condensatorul C trebuie să fie pentru tensiuni RF mari, cu distanță mare între plăci. (b) Un transmatch cu circuit oscilant „paralel” potrivit pentru adaptarea liniilor paralele „acordate” care prezintă impedanțe de intrare de valori medii și mari. Bobina de cuplaj este fixă și gradul de cuplaj se reglează cu C2. (c) Acest transmatch cu circuit oscilant „serie” folosește doi condensatori variabili separați C1a și C1b, comandați de un singur buton, și poate adapta ușor impedanțe mici. Bobina de cuplaj este ca la varianta (b).

Centrul bobinei L1 se află [ca și rotorul condensatorului C1] la tensiune RF zero, deci în acest loc se montează bobina de cuplaj L2, L1.

În Fig. 87c se dă o variantă a acestui transmatch, destinată adaptării impedanțelor mici. O impedanță mică se poate adapta mai bine folosind circuitul oscilant serie.

[Circuitul serie este format din L1 și C1. Pentru păstrarea simetriei, C1 nu se plasează de o singură parte a bobinei L1, ci este format din C1a și C1b]. Mijlocul bobinei L1 nu se leagă la pământ.

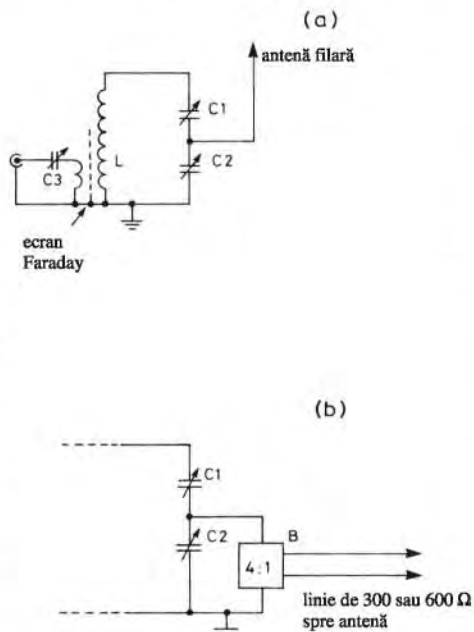
7.7.1. Variația cuplajului cu ajutorul condensatorului.

Schemele din Fig. 87b și c au în serie cu bobina L2 de cuplaj, condensatorul variabil C2. El este mai ușor de reglat decât deplasarea bobinei L2 din Fig. 87a, pentru ajustarea cuplajului. Valorile L2 și C2 depind de frecvența minimă de lucru și impedanța caracteristică a coaxialului care vine de la emițător. Circuitul L2 -C2 trebuie să rezoneze pe această frecvență. C2 are cca 1000 pF la 3,5 MHz când coaxialul are 50 Ω , reactanța lui L2 fiind egală cu 50 Ω . Pentru diferite benzi, C2 are aproximativ valorile: 1,8 MHz - 1800 pF; 7 MHz - 500 pF, 10 MHz - 350 pF; 14 MHz - 220 pF; 21 MHz - 150 pF; 28 MHz - 130 pF. Spre frecvențele joase (3,5 și 1,8 MHz) bobina L2 este mai mare iar C2 poate fi 2x500 sau 3x500 pF din aparatele de radio, care merge și la frecvențe înalte.

7.8. Transmatch cu „priză” pe condensator.

Acest transmatch simplu a fost folosit de autor timp de câțiva ani când folosea doar o antenă cu fider monofilar. El este similar cu cel din Fig. 87a, dar în loc de prize pe bobină există o „priză” care se plimbă prin variația valorii condensatoarelor C1 și C2. În același timp C1 și C2 aduc circuitul la rezonanță (Fig. 88a). Dacă impedanța antenei este mare, pentru

Fig. 88 (a). Transmatch-ul cu priză capacitivă poate adapta o gamă largă de impedanțe, variind raportul C1/C2. Bobina de cuplaj are un ecran Faraday, ca în Fig. 77b. (b) La ieșirea transmatch-ului se poate conecta un balun 4:1, care alimentează un fider simetric, dar numai dacă pe fider nu există undă staționară. Pe fideri „acordați” [care lucrează cu undă staționară] nu se folosește balun.



adaptare C1 trebuie să aibe capacitate mare iar C2 - mică [astfel prizele dintre ele se află aproape de capătul superior al circuitului oscilant]. Dacă impedanța antenei este mică, C2 trebuie să fie mare iar C1 - mic. Regula privind factorul de calitate se aplică și aici, deci se folosesc două condensatoare variabile de minim 500 pF, iar distanța între plăci poate fi mai mică, ele fiind în serie.

În Fig. 88b, un fider bifilar, simetric, fără undă staționară [deci adaptat cu antena], de 300 Ω sau 600 Ω, se cuplează la ieșirea nesimetrică a transmatch-ului, printr-un balun 1:1 sau 4:1. Balunul nu se va folosi în nici un caz dacă fiderul este „acordat” [lucrează intenționat cu undă staționară], deoarece reactanța prezentată de fider produce încălzirea balunului și pierderi mari de putere, și chiar distrugerea lui.

Ecranarea electrostatică [Faraday] a bobinei de cuplaj înlătură cuplajul capacitiv între circuite. Schema potrivită în acest scop se dă în Cap. 6 Fig. 77.

7.9. Transmatch-uri cu schemă tip L și II.

Transmatch-ul din Fig. 89a este probabil cel mai simplu dintre cele multiband. Schema este în L iar la conectarea lui C1 devine în II, sau Collins. Nici nu este nevoie de comutator SW, deoarece C1 poate fi „scos” din circuit punându-l la capacitate minimă. Transmatch-ul poate adapta o gamă largă de impedanțe la 50 Ω.

Bobina poate avea prize sau poate fi „cu rolă”. Dacă antena are impedanță mică, C1 are capacitatea mai mare decât C2, iar dacă are impedanța mică - invers. Deoarece unul dintre condensatori are capacitate mare, armonicile sunt atenuate, circuitul fiind un filtru „trece jos”.

Transmatch-ul din Fig. 89a nu are bobină de cuplaj și este ușor de reglat. Totuși el nu acoperă o gamă atât de largă ca

alte scheme, mai sofisticate. Valorile pieselor pentru gama 3,5 - 28 MHz sunt:

L = 15 mH (20 spire de conductor $\phi 2$ mm, diametrul 76 mm, lungimea bobinajului 95 mm. 10 spire sunt mai rare, la 6 mm distanță, și 10 mai dese, la 3 mm. Prizele se fac din două în două spire.

C1 = 350 pF, din radiourile vechi cu lămpi.

C2 = 200 pF, cu plăci distanțate, pentru tensiuni înalte.

Bobina poate fi pe carcasă sau „în aer”. Dacă diametrul ei este 51 mm, va avea 38 spire din conductor $\phi 1,3$ mm.

7.10. Transmatch-ul cu schemă în T

Transmatch-ul în T (Fig. 89 (b)) are o bobină în paralel cu intrarea și ieșirea prin intermediul celor două condensatoare variabile C1 și C2. El se folosește la adaptarea unor impedanțe mici (10-50 Ω) cu coaxialul de 50 Ω care merge la emițător. Tensiunile care apar pe C1 și C2 nu sunt mari și nu trebuie să aibe distanțe mari între plăci. Bobina poate avea prize, pentru lucrul multiband, și nu există bobină de cuplaj.

Din păcate acest tip de circuit este „trece sus” și nu atenuează armonicile. Totuși el este util când există la ieșirea emițătorului un filtru trece-jos bun. Valorile tipice ale pieselor sunt:

L = 22 spire, conductor CuE $\phi 1,6$ mm, diametrul 40 mm, spiră lângă spiră. Prizele sunt scoase astfel:

a = 8 spire (7-10 MHz)

b = 5 spire (14 MHz)

c = 5 spire (18-21 MHz)

d = 3 spire (24-28 MHz)

e = fără priză - toată bobina lucrează în 3,5 MHz.

C1 și C2 sunt de 160 pF, din aparatele de radio.

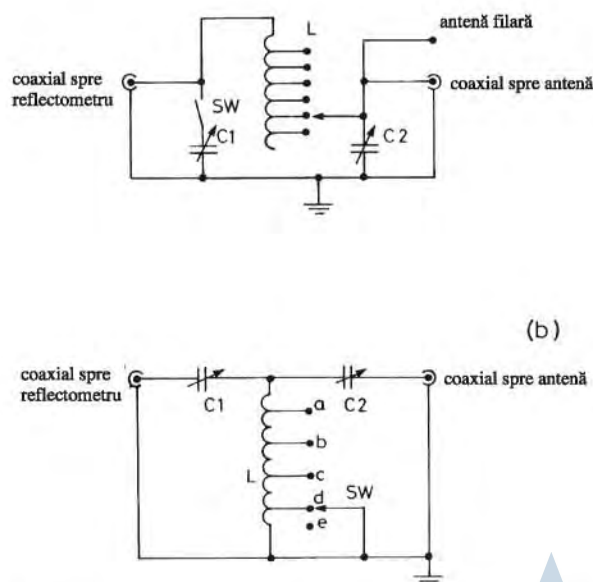


Fig. 89 (a). Transmatch cu schemă L sau II, fără bobină de cuplaj. Bobina cu prize acoperă o gamă largă de frecvențe. (b) Un transmatch simplu în T. Din păcate el nu elimină armonicile. Construcția se complică deoarece C1 și C2 au și rotorul și statorul izolat de masă.

7.11. Transmatch-ul „Z” modificat

Schema originală „Z-match” (adaptor de impedanțe) a fost descrisă în revista QST din martie 1948 de W1CJL. Articolele ulterioare reiau schema, propunându-și cuplarea ei la circuitul anodic al etajului final, care are impedanță mare.

Louis Varney G5RV a publicat în revista „Radio Communication” nr. 10/1985 o variantă foarte reușită, care conectează Z-match-ul la ieșirea de 50 Ω a emițătorului, cu ajutorul unui condensator variabil. (Fig. 90). Cuplarea se face

pe prizele T1 sau T2 ale bobinelor L1 și L2. Condensatorul C2 împreună cu porțiunea din L1 sau L2 formează un circuit serie care prezintă o impedanță de 50 Ω pură (nereactivă) spre emițător, când acordul este corect.

Z-matchul folosește circuitul oscilant special „multiband” [cu două bobine și condensator variabil dublu] care acoperă gama 3,5-30 MHz fără comutare. Bobina L2 are inductanță mică, neglijabilă la frecvențe joase, deci C1a și C1b apar în paralel pe L1 între 3,5-10 MHz. Între 14-28 MHz, L1 având inductanță mare, se comportă ca un șoc RF, care are o mică influență, și contează mai mult bobina L2. La aceste frecvențe L2 lucrează cu C1a și C1b legați în serie.

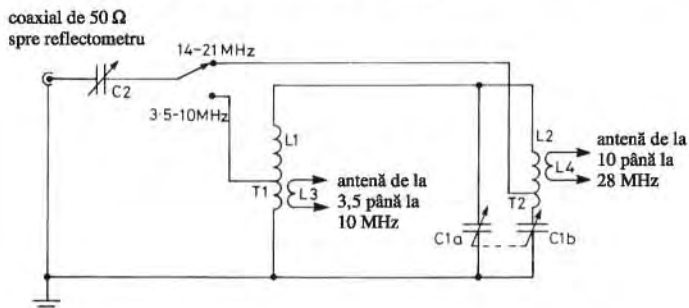


Fig. 90. Z-match-ul în varianta lui G5RV este potrivit pentru ambele tipuri de fideri: acordați și neacordați (cu undă progresivă). El acoperă gama 3,5-30 MHz fără comutări.

Bobinele de cuplaj L3-L4 sunt cuplate strâns cu L1 și L2, practic fiind bobinate deasupra lor. Fiderul se conectează la L3 sau L4, în funcție de bandă, cu ajutorul unui comutator care nu este figurat. Transmatch-ul poate fi prevăzut și cu mufă pentru fider coaxial, și comutarea emițătorului pe o sarcină artificială sau direct la antenă. Pe coaxialul dintre emițător și transmatch se intercalează un RUS-metru, pentru acordul transmatch-ului. Cu C1a - C1b în poziția mijlocie, se reglează C2 pentru RUS minim. Se modifică câte puțin valoarea lui C1a - C1b, căutând cu C2 un RUS cât mai mic. Se notează pozițiile condensatoarelor într-un tabel, pentru fiecare bandă.

Autorul a constatat că Z-matchul nu poate adapta orice valori de impedanțe, și cu unele antene RUS nu este destul de mic într-o bandă sau mai multe benzi. Totuși Z-match-ul nu necesită comutarea bobinelor pe o plajă de 8:1 a frecvențelor.

Valorile pieselor, recomandate de G5RV sunt:

L1: 10 spire, diametrul 40mm, conductor ϕ 2mm, spiră lângă spiră, CuE

T1 are 4 spire față de masă.

L2: 5 spire CuE ϕ 2mm, cu prizele T2 la 1,5 spire față de centrul bobinei, în spre C1b.

L3: 8 spire CuE ϕ 2mm, diametrul 50mm, deasupra capătului legat la pământ al lui L1.

L4: 3 spire CuE ϕ 2mm, deasupra prizei T2 de la L2.

C1a/C1b: condensator variabil dublu, 250+250 pF.

C2: condensator variabil 500 pF tip aparat de radio.

7.12. Transmatch „SPC”

Timp de mai mulți ani, mulți radioamatori din SUA foloseau o variantă de transmatch în T numită „ultimate transmatch”. Din păcate în anumite condiții de transformare a impedanței el se comportă ca circuit „trece sus” și nu elimină armonicile, ci le atenuază puțin, cu 3-6 dB. O schemă care rezolvă problema a fost concepută de W1FB. Schema se găsește în Fig. 91a și întotdeauna există o capacitate în paralel pe bobina L1+L2. O jumătate din condensatorul dublu (C2b) acordă inductanța, iar cealaltă jumătate iese în serie spre ieșire, de unde denumirea „series-parallel-capacitance” = SPC.

Atenuarea armonicilor este bună iar banda de trecere se menține pentru impedanțe ale antenei între 25-1000 Ω , deoarece întotdeauna există o capacitate destul de mare în

paralel pe bobină. Bobina L1 este de obicei variabilă (cu rolă) iar L2 care se folosește spre frecvențe mari, este „pe aer” și stă perpendicular pe L1. Axul condensatorului variabil dublu C2a/C2b fiind conectat la capătul „cald” al bobinei, trebuie prelungit cu un ax izolant iar condensatorul se izolează bine de carcasă.

Cum se vede în Fig. 91, transmatch-ul tip SPC poate fi folosit cu fider monofilar sau coaxial (nesimetric). Când fiderul este adaptat cu antena (deci nu are undă staționară), și este simetric, se folosește un balun 1:1 sau 4:1 la ieșirea transmatch-ului. Dacă fiderul este acordat (adică lucrează cu undă staționară, intenționat), nu se recomandă folosirea balunului, ci folosirea Z-match-ului (Fig. 90) sau a transmatch-ului din Fig. 87 b și c.

Un balun 1:1 are 12 spire trifilare, spiră lângă spiră, cu

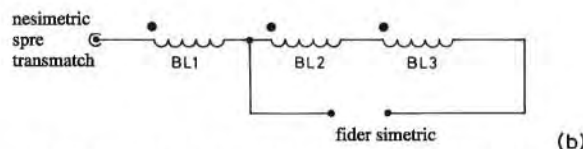
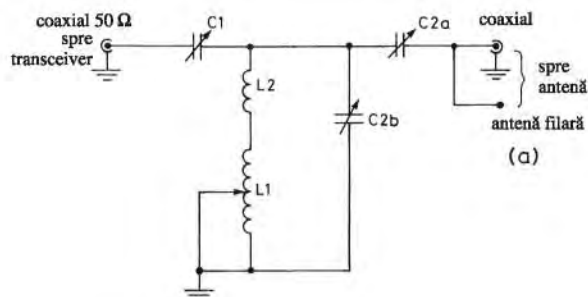


Fig. 91 (a). Transmatch-ul SPC al lui W1FB poate adapta o gamă foarte largă de impedanțe și atenuază armonicile. Când se folosesc fideri bifilari neacordați (adaptați), este nevoie de un balun. (b) Schema balunului trifilar „cu aer”, 1:1, adecvat la puteri mari. Sub 100 W se poate folosi un tor de ferită.

diametrul 25mm. Torul de ferită merge la 100 W, dar la puteri mai mari se saturează (vezi Fig. 91b pentru detalii). Bobina L1 din transmatch-ul tip SPC este variabilă, cu rolă, 25 mH cel puțin, sau bobină fixă cu prizele din 2 în 2 spire: 28 spire CuE ϕ 2mm, diametrul 64 mm iar lungimea 89 mm. L2 are 3 spire cu ϕ 3mm sau bandă de cupru lată de 6 mm, diametrul 25 mm, lungimea 38 mm, în aer. Transmatch-ul cu aceste bobine acoperă 1,8-30 MHz. C1 are 200 pF iar C2 are 200+200 pF.

Se recomandă realizarea conexiunilor din transmatch cu benzi de cupru și montarea izolată a lui C2 departe de carcasă, altfel nu rezonază în 28 MHz. Carcasa metalică trebuie să fie destul de mare pentru ca bobina să fie distanțată la cel puțin un diametru de pereți. Autorul preferă bobina cu prize și comutator, care sunt mai operative decât bobina cu rolă.

7.13. Adaptarea antenei Marconi în 1,8 MHz.

Multe transmatch-uri nu lucrează (ca SPC) sub 3,5 MHz.

În 1,8 MHz este nevoie de inductanțe și capacități mari și deseori se realizează un transmatch separat pentru această bandă. În Fig. 92a se arată cum se transformă o antenă dipol (deseori G5RV) în antenă verticală, unind capetele fiderului.

De obicei rezultă o antenă verticală cu lungimea electrică mai mică de $\lambda/4$, care prezintă reactanța capacitivă [în afara rezistenței de radiație]. Această capacitate se compensează cu o inductanță L1, în serie. Bobina poate fi cu rolă sau cu prize. L2 este bobina de cuplaj, cu 3-6 spire din conductor izolat, bobinate peste capătul rece al bobinei L1. Pentru reglarea lui L1 se înseriază cu antena un ampermetru RF [cu termocuplu] sau chiar un beculeț de lanternă, și un

reflectometru pe coaxialul care merge la emițător.

Dacă antena este mai lungă decât $\lambda/4$ (electric) în 1,8 MHz (mai lungă de 39 m) ea prezintă reactanță inductivă, care poate fi compensată cu un condensator înseriat pe antenă (Fig. 92b). Totuși este nevoie de L1 pentru cuplajul cu L2.

Acordul se face ca și la schema 92a.

Un transmatch mai flexibil se dă în Fig. 92c. El poate adapta aproape orice lungime de antenă, folosind bobina variabilă sau cu prize L1 și condensatorul variabil C înspre pământ. Dacă C nu este necesar, el se scurtcircuitază cu un conductor lițat [sau comutator]. În locul bobinei de cuplaj, conectarea coaxialului se face direct la o priză a bobinei, aproape de capătul ei de jos.

După ce antena este adusă la rezonanță cu L1 și C (eventual fără C), se conectează coaxialul la prizele bobinei, căutând RUS minim. Valorile pieselor din Fig. 92 sunt:

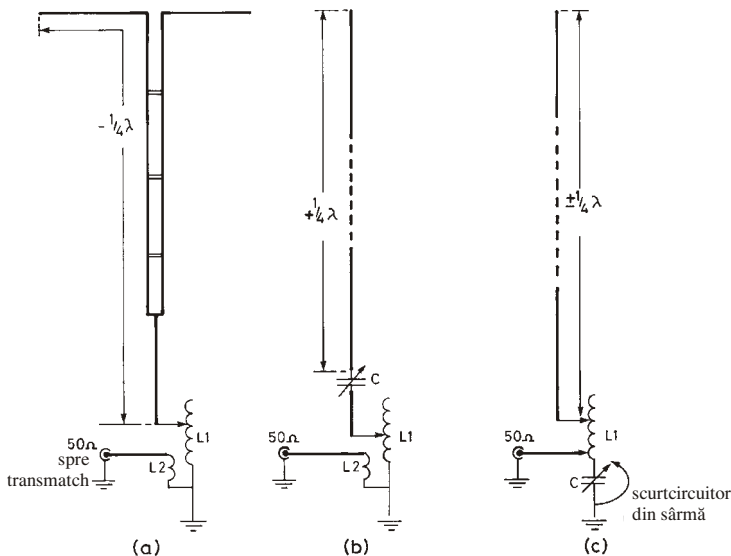


Fig. 92 (a). Antena G5RV sau alt dipol, transformată în antenă verticală încărcată cu bobină la bază. Lungimea fiderului plus o latură a dipolului este mai mică decât $\lambda/4$ în 1,8 MHz, în acest caz. (b) Dacă lungimea rezultă mai mare de $\lambda/4$, reactanța inductivă ce o prezintă se compensează cu condensatorul serie C. Bobina L1 este necesară pentru cuplajul cu L1 (c). Această variantă de L1 și C permite adaptarea aproape oricărei lungimi de antenă. Coaxialul de la emițător se conectează la o priză a lui L1 care asigură RUS minim.

L1= 30 mH (20 spire conductor ϕ 1,6 mm, diametrul 76 mm, lungimea 89 mm, cu prize din 2 în 2 spire.

L2: 3-6 spire din conductor izolat, deasupra capătului de jos al lui L1.

C=250 pF, variabil, din aparatele de radio.

7.14. Circuit suplimentar L-C.

Din experiența autorului cu diverse antene și transmatch-uri rezultă că nu există un transmatch care să adapteze 100% orice tip de antenă sau fider în toate benzile. Este neplăcut când un transmatch adaptează o antenă în 5 sau 6 benzi, și nu adaptează un alt tip de antenă decât în 4 sau 5 benzi.

O antenă monofilă prezintă o gamă largă de impedanțe între 1,8 - 30 MHz și este nevoie de noroc pentru a realiza adaptarea cu 50 Ω pe o gamă largă. Autorul recomandă folosirea unui circuit L-C suplimentar (Fig. 93) care compensează reactanțele de valori neobișnuite ale antenelor monofilare. Circuitul are bobina LR cu prize și condensatorul variabil CR, cu plăci distanțate, și se montează lângă transmatch. [sau chiar în el] Nu se folosesc comutatoare, ci 3 „jumperi” cu crocodili, pentru a realiza diverse combinații. Astfel se poate folosi doar CR (în serie cu antena, sau între antenă și pământ), doar LR (la fel), sau altă combinație. Valorile pieselor sunt: LR = 20 mH (22 spire, conductor ϕ 2 mm,

diametrul 64 mm, lungimea 70 mm, prize din 2 în 2 spire.)

CR = 200pF variabil, cu distanță mare între plăci.

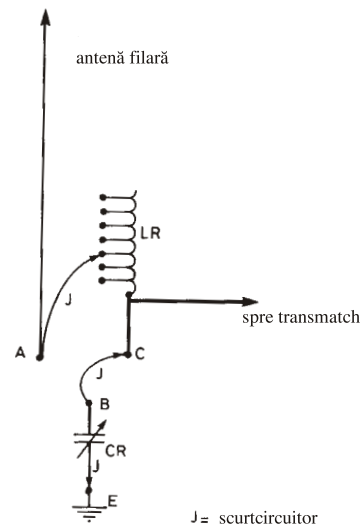


Fig. 93. Circuit suplimentar universal L-C, care se plasează între antena monofilă și transmatch, pentru a transforma reactanțele și impedanțele neobișnuite în valori pe care transmatch-ul le poate adapta.

7.15. Transmatch-uri comerciale

Cu 30 ani în urmă în Anglia erau doar câteva transmatch-uri de fabrică, radioamatorii fiind nevoiți să le construiască. În prezent se comercializează o gamă largă de transmatch-uri, și înaintea cumpărării trebuie să ne asigurăm că adaptează antena existentă sau viitoare. Primul criteriu este puterea care poate fi transferată de transmatch.

Multe transmatch-uri pot lucra numai cu transceiverul, la puteri până la 150 W. Dacă se folosește un amplificator liniar de putere, transmatch-ul trebuie să facă față la puteri de 500-2000 W la vârfuri. Distanța dintre plăcile condensatorului variabil devine factorul cel mai important.

Tensiunile mari de lucru ale componentelor fac ca transmatch-ul să fie scump.

Altă calitate importantă, trecută cu vederea deseori în prospecte, este plaja de impedanțe adaptate. Multe transmatch-uri comerciale adaptează o gamă restrânsă de impedanțe și au impedanța de intrare (a antenei) între 25-100 Ω , necorespunzătoare pentru antene alimentate la capăt, care în unele benzi au impedanța de 100 Ω și mai mult. Un transmatch bun (ca cel cu schemă SPC) adaptează o gamă foarte largă de impedanțe, dar unele variante mai mici adaptează impedanțe de antene (sau fideri) de maxim 500 Ω .

Multe transmatch-uri comerciale sunt prevăzute cu ieșiri pentru fider coaxial, fider bifilar (prin balun) fără undă staționară și antene filare alimentate la capăt, ieșire pentru conectarea unei sarcini artificiale și chiar reflectometru încorporat. Modelele mai scumpe indică chiar puterea, în câteva trepte, între 1 W și 2 kW!

Transmatch-urile automate devin tot mai populare, dar multe dintre ele pot adapta o gamă îngustă de impedanțe.

7.16. Alte considerații.

Indiferent ce tip de transmatch se folosește, carcasa lui trebuie să fie punctul de împământare al stației, pentru toate

echipamentele. Transmatch-ul construit de radioamator poate să nu fie complet ecranat, șasiul și panoul din tablă fiind suficient.

Se vor evita carcassele metalice mici, unde bobinele nu au destul spațiu în jur, iar conductoarele de legătură trebuie să fie groase. Bobinele se realizează cu conductor ϕ 2 mm cel puțin.

Mulți radioamatori au avut parte de descărcări electrice în condensatorii variabili din transmatch, mai ales în SSB, la semnale de vârf. Cauza este distanța prea mică între plăci sau factorul de calitate prea mare al circuitului, care nici nu permite un transfer optim al puterii spre antenă.

Încălzirea bobinei este un semnal de alarmă că raportul L/C (adică Q) nu este corect. Un transmatch bun și eficient nu are niciodată bobina caldă, transferul energiei fiind total.

Pierderi de 3 dB în transmatch înseamnă jumătate din putere, ceea ce este foarte mult.

7.17. Probleme diverse

7.17.1. Bobine și conductoare

Proiectarea bobinelor de anumite valori ale inductanței este complicată. În Tabelul 12 se dau datele înfășurărilor pentru 4 valori ale inductanței.

Tabelul 12. datele bobinelor pentru 4 valori ale inductanței.				
Inductanța [mH]	ϕ mm	Diametrul	Lungimea	Nr. de spire
40	1,3	63,5mm	50,1mm	28
40	2	63,5	108	34
20	1,3	63,5	31,7	17
20	2	63,5	70	22
8,6	1,63	50,1	50,1	16
8,6	2	63,5	76,2	15
4,5	1,63	50,1	31,7	10
4,5	2	63,5	101,6	12

Conductorul emailat, bobinat spiră lângă spiră pe o lungime de 1 inch (25,4 mm), dă următorul număr de spire. ϕ 1,3 - 19,7 spire; ϕ 1,63 - 14,8 spire; ϕ 2 - 12,1 spire.

Diametrul conductoarelor au următoarele „numere” de calibrare în Anglia (SWG) și echivalente în SUA (AWG):

ϕ 1,22 mm = 18SWG » 16AWG

ϕ 1,628 mm = 16SWG » 14AWG

ϕ 2,03 mm = 14SWG » 12AWG

7.17.2. Țevi de cupru

Deseori este avantajoasă folosirea conductoarelor foarte groase din cupru la realizarea bobinelor. Un exemplu este bobina de "alungire" a antenei. În Cap. 1 (paragraful "Dipoli scurtați la jumătate" și Fig. 14) se recomandă folosirea conductorului gros sau țevi pentru realizarea bobinelor.

Țeava potrivită este din cupru ϕ 5 mm folosită la motoare, nealiată cu alt metal.

După realizarea bobinei ea trebuie dată cu o vopsea bună de poliuretan, pentru a preveni oxidarea, mai ales în aer liber.

7.17.3. Izolatorii

Materialul izolant pe care se realizează bobina din Fig. 14 poate fi sticla Pyrex sau plasticul numit "Delrin", care are excelente proprietăți la RF și mecanice. Varianta "Delrin/acetat" negru este mai rezistentă la ultraviolete, decât cel alb.

7.17.5. Corzi, funii și ancore

Deseori se folosește o găleată veche umplută cu pietre drept greutate pentru întinderea antenei. Când scripetele este fixat de un copac sau o creangă, greutatea va oscila în sus și în jos datorită vântului și nu va exista tensiune suplimentară, mecanică, în antenă. În locul găleții se pot folosi bidoane de plastic umplute cu apă destulă pentru a ține antena întinsă. Ele rezistă câțiva ani la ultraviolete și geruri. Se recomandă culoarea verde, care este camuflată de vegetație.

Ca ancore și prelungiri ale antenelor se pot folosi sfori, șnururi sau corzi moderne din plastic.

Când se ridică un pilon nou este bine să se prevadă doi scripeți și două funii [sfori de ridicare pe scripeți]. Dacă o funie se rupe, se folosește rezerva, căci pilonul nu poate fi dat jos pe orice vreme.

Funiile și șnururile se vopsesc în negru sau altă culoare închisă cu câteva zile înaintea instalării, pentru a fi protejate de soare. Dacă e posibil se vor procura sfori gata colorate în culori închise, nu albe, care sar în ochi și strică peisajul vecinilor.



Abaca pentru reactanțe și frecvențe de rezonanță.

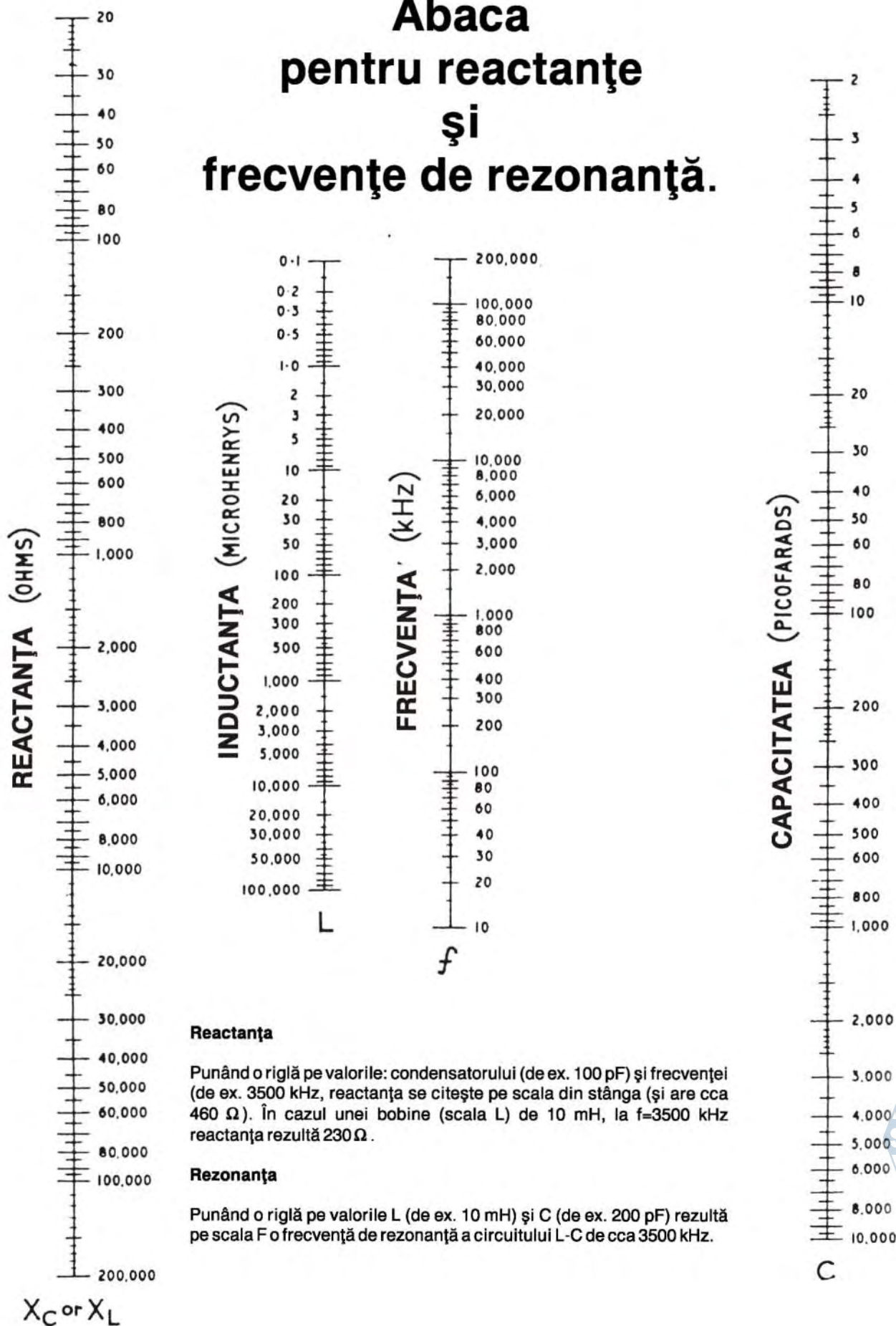


Fig. 94. Abaca pentru reactanțe și rezonanțe.

Antenele filare oferă una din cele mai avantajoase rapoarte preț-eficiență pentru a obține un semnal bun pe unde scurte, iar cartea se vrea un ghid pentru fiecare care dorește o realizare practică, în funcție de bugetul disponibil. Sunt prezentate multe variante, de la dipolul simplu la sisteme cu mai multe fire - chiar una care se poate monta sub pământ! Se prezintă detaliile de construcție, modul de alimentare și adaptare, inclusiv unele secrete ale amplasării în mediu a antenei, ceea ce face ca realizarea practică să fie ușoară și cu rezultate bune. Teoria este la minim, autorul prezentând mai cu seamă comentarii din practica proprie, oferind soluții la “cheie”, lucru apreciat de începători, cât și de cei cu state vechi. Se recomandă tuturor acelor care vor să-și ridice o antenă făcută în regim propriu.



ISBN - 973-95041-5-9