

Тема 16. Антенно-фидерни устройства – конструкции, параметри, особености.

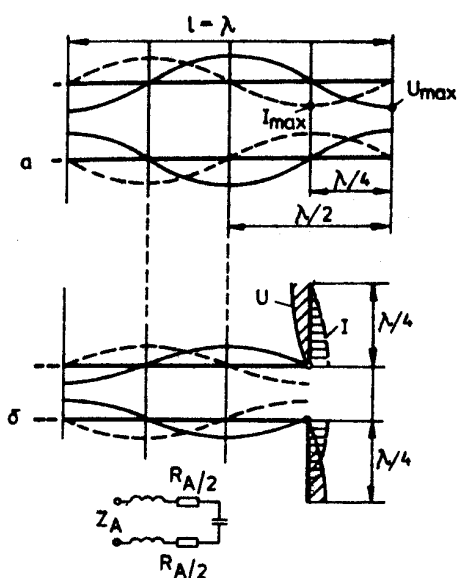
В предаващата част чрез антената енергията на високочестотния (ВЧ) ток се превръща в енергия на електромагнитни вълни и те се излъчват в околното пространство. В приемащата част антената изпълнява обратната функция – улавя енергията на ЕМВ и я преобразува във ВЧ ток. Обикновено между предавателните и приемните антени няма принципни разлики по отношение на основните физически процеси. Свойствата, които има дадена предавателна антена, остават същите, ако антената се използва като приемна, т.е. **антените са обратими**. Това позволява в много случаи на радиовръзка да се приема и предава с една и съща антена.

Антените биват проводникови и апертурни. **Проводниковите антени** се изграждат от проводници или тръби, по които протича ВЧ ток. В областта на дълги, средни, къси и ултракъси вълни тези антени намират широко приложение за професионални и битови нужди.

Апертурните антени, известни още като **антени с излъчващ отвор**, се използват в свръхвисокочестотните (СВЧ) обхвати на сантиметровите вълни.

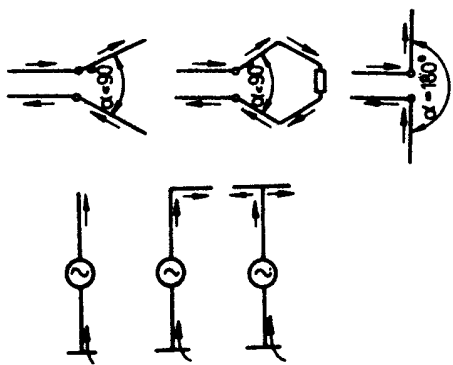
Принципи на изграждане на проводниковите антени. Видове вибратори

Проводниковата антена представлява отворен последователен трептящ кръг, чийто свойства са сходни с тези на затворен трептящ кръг.



На фигурата е показано разпределението на токовете и напреженията (стоящи вълни) по отворена двупроводна линия, чиято геометрична дължина е равна на дължината на вълната. Токовете в двата проводника са с еднакви големина и обратни фази и създават взаимно унищожавачи се полета. Така в околното пространство не се излъчва електромагнитна енергия. Вижда се още, че за дължина на проводниците равна на четвърт дължина на вълната, разпределението на токовете

и напреженията е като при последователен трептящ кръг със съсредоточени параметри. Отварянето на двупроводната линия на 180° точно по тази дължина създава условия за излъчване на енергията в околното пространство, тъй като токовете протичат в еднакви посоки. Така се получава **симетричен вибратор (дипол)**, популярен в антенната техника.



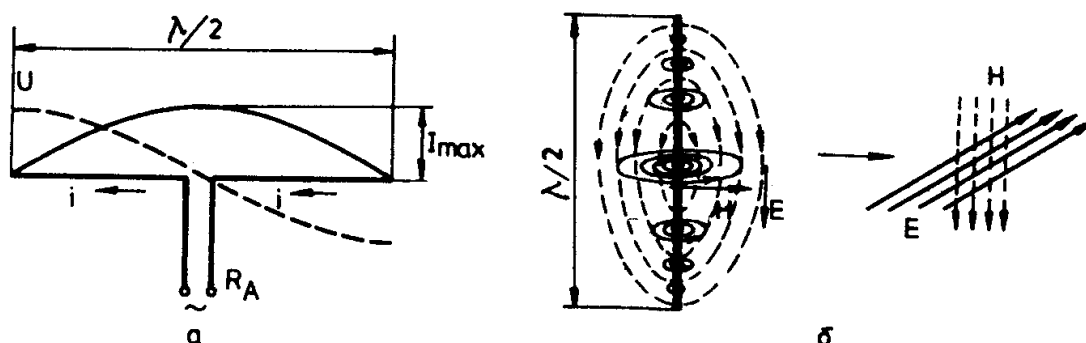
Излъчващите проводници на симетричните вибратори могат да бъдат разположени на различен ъгъл един спрямо друг, както е показано на фигурата. В практиката се използват и **несиметрични вибратори**, получаващи се чрез премахване на единия излъчващ проводник

Свойства на симетричния полувълнов вибратор

Симетричният полувълнов вибратор има обща геометрична дължина, равна на половин дължина на вълната. В средата на вибратора напрежението е нула, а токът има максимум. От това следва, че идеалният вибратор ще бъде товар с нулево съпротивление за захранващия го генератор. В реалния вибратор ще има активни загуби и така входното съпротивление на антената ще бъде

$$Z_A = R_A$$

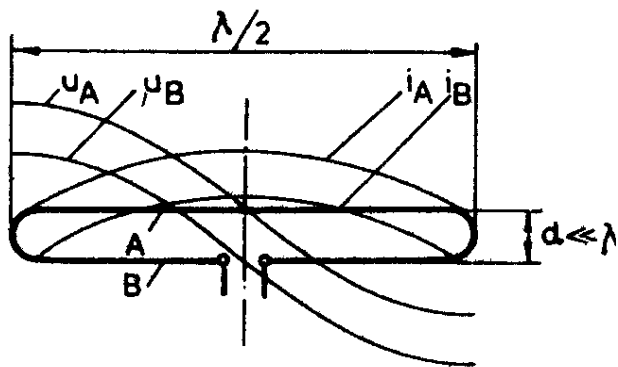
На практика загуби има и от утечки, нагряване на проводниците и закрепващите изолатори и при излъчването в околното пространство, затова входното съпротивление е в границите на 75-80 Ω .



Електромагнитното поле (ЕМП) около вибратора и на значително разстояние около него е показано на фигура (б) горе. Непосредствено около вибратора съществува силно ЕМП вследствие на стоящите вълни. Енергията на тези вълни е чисто реактивна и трептенето ѝ се дължи на преминаване от електрическо поле в магнитно и обратно, като двете полета са дефазирани на 90° . На значително разстояние от вибратора ЕМП се разпространява в пространството чрез бягаща вълна. В този случай трептенията на електрическото и магнитното поле съвпадат по фаза и енергията се разпределя равномерно между двете полета.

На значително разстояние от вибратора електрическите силови линии са успоредни, а магнитните - перпендикулярни на вибратора. **Поляризацията на вълната се определя от посоката на електрическото поле.** Така хоризонтално разположен вибратор излъчва вълни с хори-

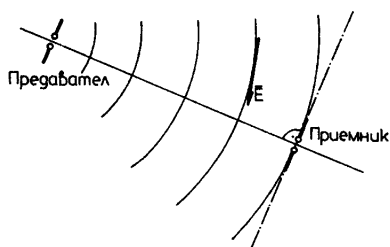
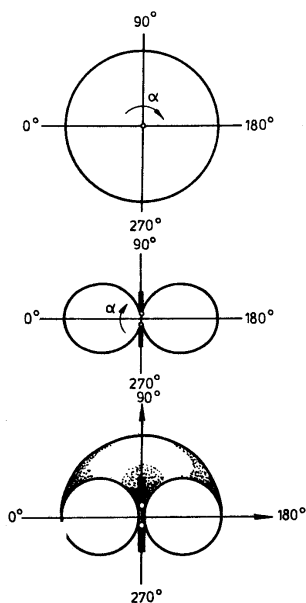
зонтална поляризация, тъй като електрическите силови линии са разположени в хоризонталната плоскост. Според това определение вертикално разположен вибратор излъчва вълни с вертикална поляризация.



Ако два полувълнови вибратора A и B се свържат паралелно по начина, показан на фигурата, се получава т.нар. **шлейфвibrator**. При положение, че разстоянието между паралелните части на шлейфвibratorа е значително по-малко от дължината на вълната ($d \ll \lambda$), разпределението на токовете и напреженията запазва своя характер както при единичния симетричен вибратор. Тъй като токовете на единичните вибратори съвпадат по посока, при една и съща излъчена мощност шлейфвibratorът е еквивалентен на единичен вибратор с удвоен ток. Входното съпротивление на шлейфвibratorа е от порядъка на 240 - 300Ω.

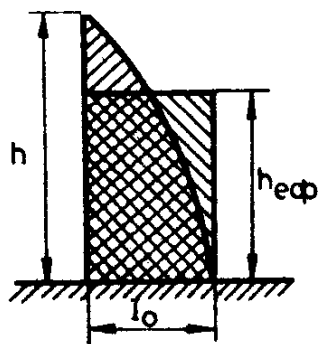
ната на вълната ($d \ll \lambda$), разпределението на токовете и напреженията запазва своя характер както при единичния симетричен вибратор. Тъй като токовете на единичните вибратори съвпадат по посока, при една и съща излъчена мощност шлейфвibratorът е еквивалентен на единичен вибратор с удвоен ток. Входното съпротивление на шлейфвibratorа е от порядъка на 240 - 300Ω.

Основни параметри и характеристики на антените са:



- излъчвана мощност $P_{И}$;
- загубна мощност $P_{З}$;
- пълна мощност на антената $P_A = P_{И} + P_{З}$;
- коефициент на полезно действие η на антената $\eta = P_{И}/P_A$;
- диаграма на излъчване на антената – графично изобразяване на зависимостта на излъчената мощност от посоките в дадена координатна система. На фигурата са показани три диаграми на излъчване на полувълнов вибратор – **напречна, надлъжна и пространствена**. На следващата фигура е показано оптималното положение на вибратора с оглед максимално приемане на енергия от предавателя;
- коефициент на насочено действие $D = P_{И\max} / P_{И\text{ ср}}$;
- коефициент на усилване $K_A = D\eta$;
- ефективна височина $h_{\text{еф}}$ (фигурата на сл. слайд);
- входно съпротивление;
- работна честотна лента.

Фидерни линии и съгласуващи устройства

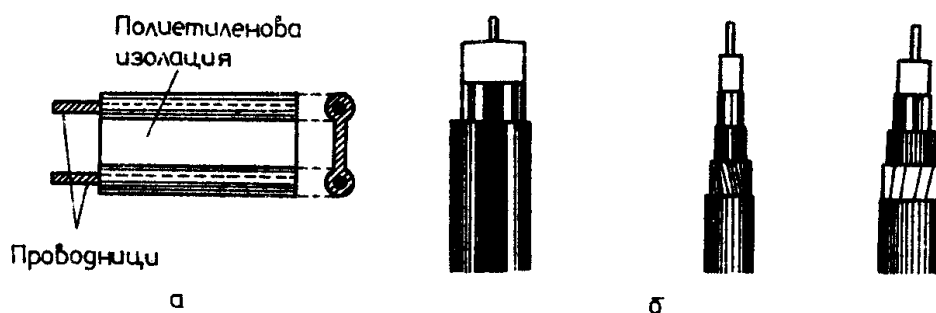


Фидерните линии (фидери) са ВЧ линии, по които се пренася енергията от изхода на антената до входа на приемното устройство и от крайното стъпало на радиопредавателя до излъчващата антена. Те могат да работят в режим на **стоящи вълни** и в режим на **бягащи вълни**.

В режим на стоящи вълни се намират отворени или дадени накъсо линии, а също така линии, чиято дължина е много по-малка от дължината на вълната (т.нар. къса линия) и които не са натоварени с вълновото си съпротивление. Отворени къси линии с дължина $\lambda/2$ се използват като различни антенни елементи, съгласуващи звена и др. Тези линии обаче имат големи загуби и не се прилагат при връзка на големи разстояния.

Антенните фидери се използват в режим на бягаща вълна. Дължината на линията е много по-голяма от дължината на вълната и в нея не се проявяват резонансни ефекти и не възникват стоящи вълни. Предимствата на този режим са намалени загуби, липса на излъчване на ЕМВ в околното пространство, по-малки изисквания към изолацията поради намалени амплитуди на токовете и напреженията по линията и др.

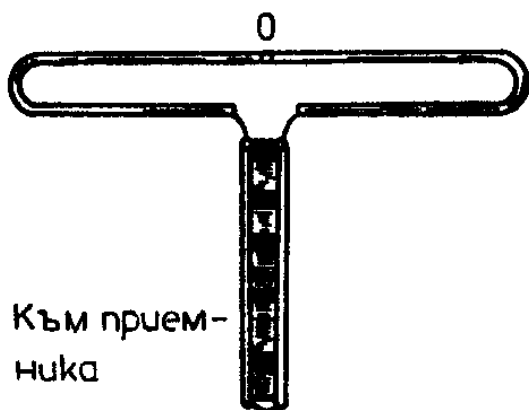
Кабелните фидерни линии конструктивно могат да бъдат изработени като **симетрични** или **несиметрични** (коаксиални) **кабели**, показани на долната фигура. Вълновото съпротивление на симетричните фидери е от порядъка на 240 или 300 Ω , а за коаксиалните – 60 или 75 Ω .



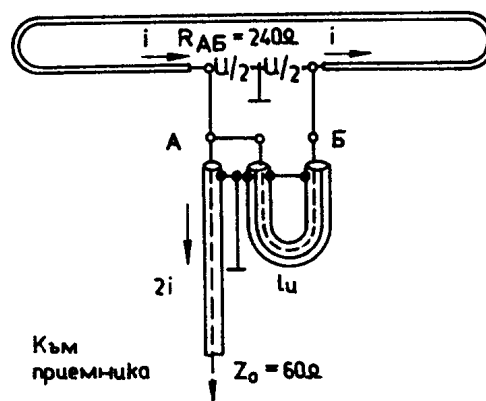
Съгласуващи устройства. За да се реализира режим на бягаща вълна, необходимо е вълновото съпротивление на фидера да е съгласувано с изходното съпротивление на антената Z_A и входното съпротивление на приемното устройство Z_{BX} :

$$Z_A = Z_0 = Z_{BX}$$

Шлейфвибратор със симетричен изход с импеданс от 240 Ω се свързва директно със симетричен фидер с вълново съпротивление 240 Ω (лява фигура по-долу). Често обаче се налага допълнително съгласуване.



Директно свързване на шлейфвibrator със симетричен фидер



Съгласувано свързване на шлейфвibrator с коаксиален кабел чрез U-коляно

Съгласуващо U-коляно се прилага, за да се свърже шлейфвibrator към коаксиален кабел. То представлява отрязък от коаксиален кабел с дължина

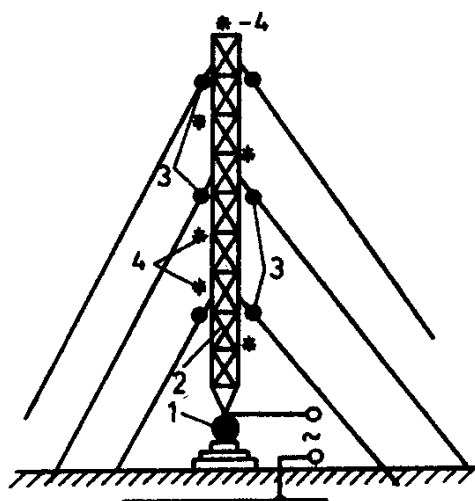
$$l_U = \frac{\lambda_{cp}}{2\sqrt{\epsilon}}$$

където λ_{cp} е средната дължина на вълната на приемания сигнал, а ϵ е диелектричната проницаемост на изолацията на кабела.

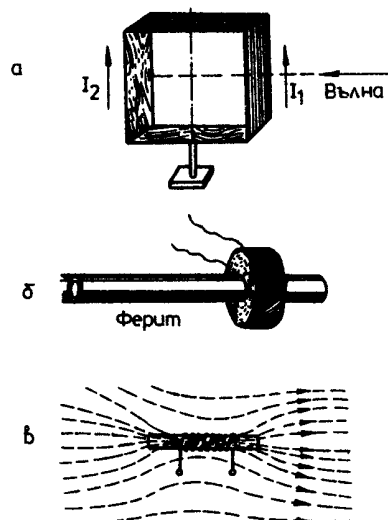
За метрови и дециметрови вълни като фидери се използват коаксиални кабели, но за сантиметрови и милиметрови вълни загубите в тях нарастват, затова за тях се използват вълноводни фидери.

ВИДОВЕ АНТЕНИ

Антенни за дълги и средни вълни



Антенна-мачта: 1—опорен изолатор; 2—мачта; 3—изолатори за обтягащи елементи; 4—осветителни тела

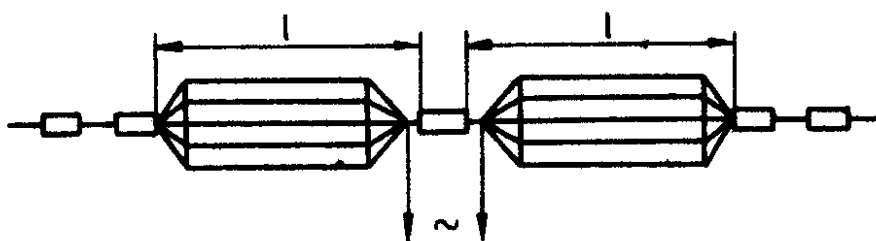


Приемни антени за ДВ и СВ:
(а) рамкова антена; (б) феритна антена и разполагането ѝ (в) в ЕМП;

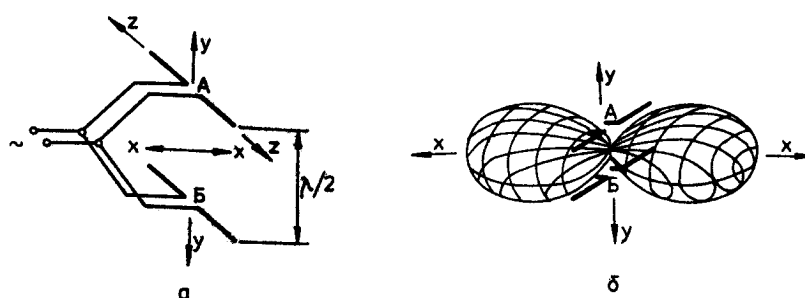
Като предавателни антени за ДВ и СВ се използват **антени-мачти**, а като приемни — **рамкови** и **феритни антени**, имащи насочено действие.

Анени за къси и ултра-къси вълни

Основният проблем при избора и проектирането на КВ антени е свързан с особеностите на разпространението на ЕМВ от този обхват, свързани с времето на денонощието, сезона, слънчевата активност и др. Според прогнозите на йоносферните служби често пъти се налага да се променя честотата на носещото трептение на предавателя при работа денем и нощем. При тази промяна е неикономично да се сменят и антените. Затова основно изискване към антените за КВ е запазването на характеристиките им в достатъчно широк честотен обхват. Посочените изисквания са изпълнени при антената, наречена дипол на Надененко, показана по-долу. Рамената на вибратора представляват система от 6 - 12 броя проводници, разположени по образуващата на цилиндър с диаметър 1-3 m. Параметрите на дипола на Надененко остават постоянни в границите $(1.7-3.3)l$, където l е геометричната дължина на рамената на вибратора.



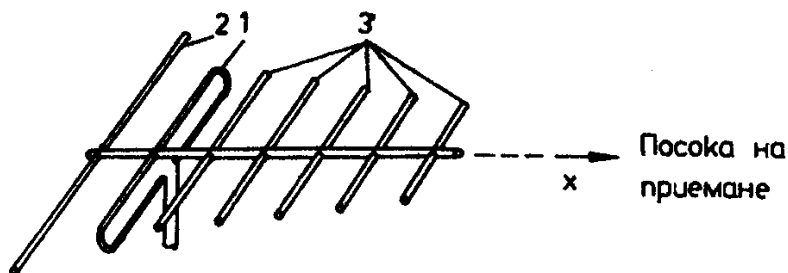
Ултра-къси вълни (УКВ) в радио-разпръскването се наричат вълните в диапазона около 100 MHz (60-120 MHz). Сложни антени за УКВ се реализират като система от хоризонтални полувълнови вибратори, разположени в редове на няколко етажа. Разстоянието между етажите е $\lambda/2$, а между вибраторите – λ . Тъй като всички вибратори се възбуждат от токове с еднаква фаза, такава антена се нарича **синфазна**.



На фигурата е показана антена, съставена от два симетрични вибратора А и Б, разположени във вертикалната плоскост един над друг на разстояние $\lambda/2$. При синфазно захранване излъчванията на вибраторите в направление x (перпендикулярно на вертикалната плоскост) се наслагват, а в направление y се унищожават взаимно. Така над вибратора А и под вибратора Б няма излъчване. В направление z , т.е. по дължината на вибраторите, също липсва излъчване. По такъв начин излъчването на антената е съсредоточено само в две посоки и има вида, показан на дясната фигура.

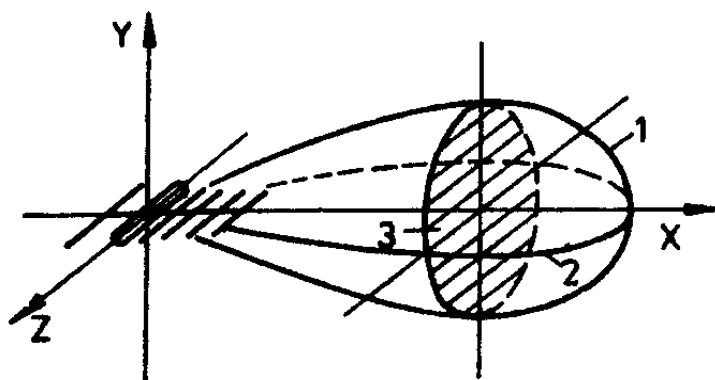
Антени за метрови и дециметрови вълни. Антени тип вълнов канал

Метровите и дециметровите вълни се използват преди всичко за нуждите на битовата телевизия, радиоразпръскването и радиовръзката с подвижни обекти. Антени за МВ и ДМВ се изграждат много често на базата на разновидности на симетричния вибратор. За битови нужди се използват насочените антени с пасивни елементи, известни още с името антени тип **вълнов канал** (**Яги-Уда** антени).



Антенa тип вълнов канал: 1–активен шлейфвибратор;
2–рефлектор; 3–директори

При такава антена от двете страни на активния вибратор се разполагат успоредно проводници с различни дължини, наричани **пасивни вибратори**. Те пък се делят на **директори** и **рефлектори**. Активният вибратор може да бъде полувълнов симетричен вибратор или шлейфвибратор.



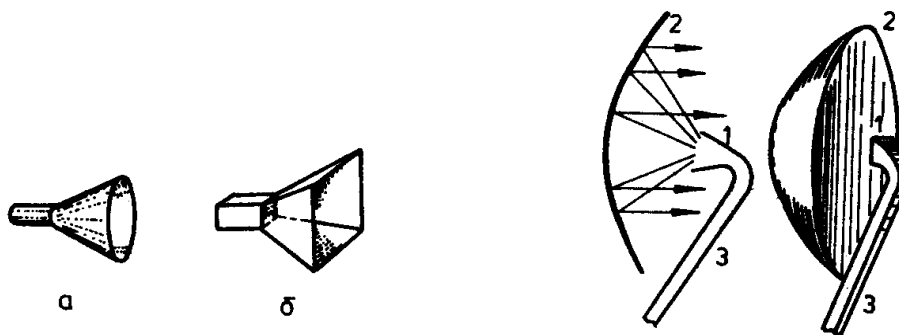
Диаграми на насоченост на антена тип вълнов канал:
1–вертикална диаграма X–Y; 2–хоризонтална диаграма X–Z;
3–напречно сечение Y–Z

Рефлекторът връща енергията на активния вибратор с такава фаза, че тя се събира с енергията, излъчена (приета) от самия активен вибратор в желаната посока. Влиянието на по-късите пасивни вибратори (директорите) е същото както на рефлектора, само че се променя посоката на максималното приемане. Така директорите са направляващи елементи.

Антени за сантиметрови вълни и космически връзки

Антените за СМВ се използват в магистралните радиорелейни линии с честотни ленти от десетки и стотици мегахерци. Обикновено една антена се използва едновременно за предаване и приемане, често и на вълни с различна поляризация.

Най-проста антена за СМВ е **рупорната антена**. Тя представлява метален рупор с едностранна насоченост, съединен с вълновод. Електромагнитните вълни се възбуждат във вълновод, който има открит разширен край, откъдето се осъществява излъчването. Чрез рупора вълноводът се съгласува със съпротивлението на околното пространство и не се получава отражение на ЕМВ. Рупорни антени с форма на конус и пирамида са показани долу в ляво. Те рядко се ползват самостоятелно, а по-често са градивен елемент в по-сложни конструкции.

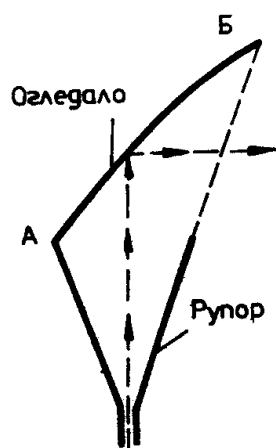


Рупорни антени: (а) конична;
(б) пирамидална

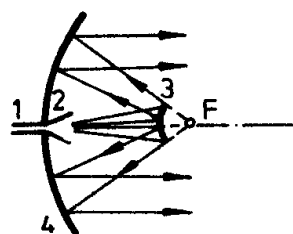
Параболична антена: 1–рупорен облъчвател;
2–параболичен рефлектор; 3–вълновод

Параболична антена (дясна фигура). Енергията се подава по вълновод към рупорен облъчвател, разположен във фокуса на параболичен рефлектор. Отразените ЕМВ имат остра насоченост, а конструкцията на антената се отличава с простота и малък обем.

Рупорно-параболичната антена се състои от коничен рупорен облъчвател и свързано към него огледало, представляващо част от параболоид. Рупорът се захранва от вълновод. Преминавайки през рупора, ЕМВ се отразяват синфазно от огледалото в участъка АБ, при което се създава плоска вълна.



Рупорно-параболична антена



Двуогледална антена

За да се получи остра насоченост на излъчените ЕМВ, често се използва антена с две отражателни повърхности, наречена **двуогледална антена**. Важно условие за качествената работа на антената е съвпадането на фокусите на двете огледала.