

КАНАЛИ ЗА ПРЕНАСЯНЕ НА ИНФОРМАЦИЯТА И НЕЙНОТО КОЛИЧЕСТВЕНО ОПРЕДЕЛЯНЕ

2.1. Видове комуникационни линии за пренасяне на информация

Линия за връзка (свързочна линия) представлява средата, в която се разпространяват сигналите носещи информация.

За предаване на информация с помощта на различни технически средства е необходим определен честотен диапазон. Например, докато за телефона е достатъчна честотна лента от 3400 Hz, то за нуждите на радиолокацията е необходима честотна лента около 10 MHz, а за нуждите на сателитната телевизия - 12GHz. Не всяка обаче свързочна линия може да осигури необходимия честотен диапазон за предаване на определена информация, което се вижда от таблица 2.1, където честотната лента е дадена в kHz.

Табл. 2.1

Междуградска жична линия	5
Кабел ВЧ	150
Кабел коаксиален	4 000
Радиорелейна линия	5 000 000
Линия за оптична връзка	400 000 000 000

В зависимост от вида на свързочните линии, те се делят на радио (въздушни), жични (метални), оптични (светлинен лъч), хидроакустични (вода).

Радиолинията представлява част от пространството, в която се разпространяват електромагнитните вълни. Особеностите на разпространението на радиовълните ще бъде разгледано по-нататък.

Метални свързочни линии-използват се в диапазона от части от херца до десетки килохерца. В *нискочестотния диапазон*, обикновено до 10 kHz, една такава линия за връзка се приема, че тя представлява линия със съсредоточени параметри.

Ограничението на честотния диапазон е обусловено от това, че с увеличаването на честотата нараства активното съпротивление на проводниците под влияние на повърхностния ефект. Максималната дължина на жичната линия се определя от затихването в нея, което се влияе от вида на проводника (мед, алуминий, стомана), диаметъра,

разстоянието между проводниците, изолацията между тях, влажността на въздуха и т.н.

За предаване на информация могат да се използват и електропреносните високоволтови линии. Към достоинства на същите може да се посочи тяхната здравина, строгия надзор по тях. Недостатъците на тези линии се явяват значителните смущения, използването на специални разделителни устройства, тяхното планово и аварийно изключване.

Във *високочестотния диапазон* (над 12 kHz), всяка реална линия се разглежда като линия с разпределени параметри. Към тях спадат *откритите линии* с два или четири проводника, *коаксиалните линии* и *вълноводите*.

Фидерът е линия, чрез която се предава енергия от източника към консуматора. Те се делят на:

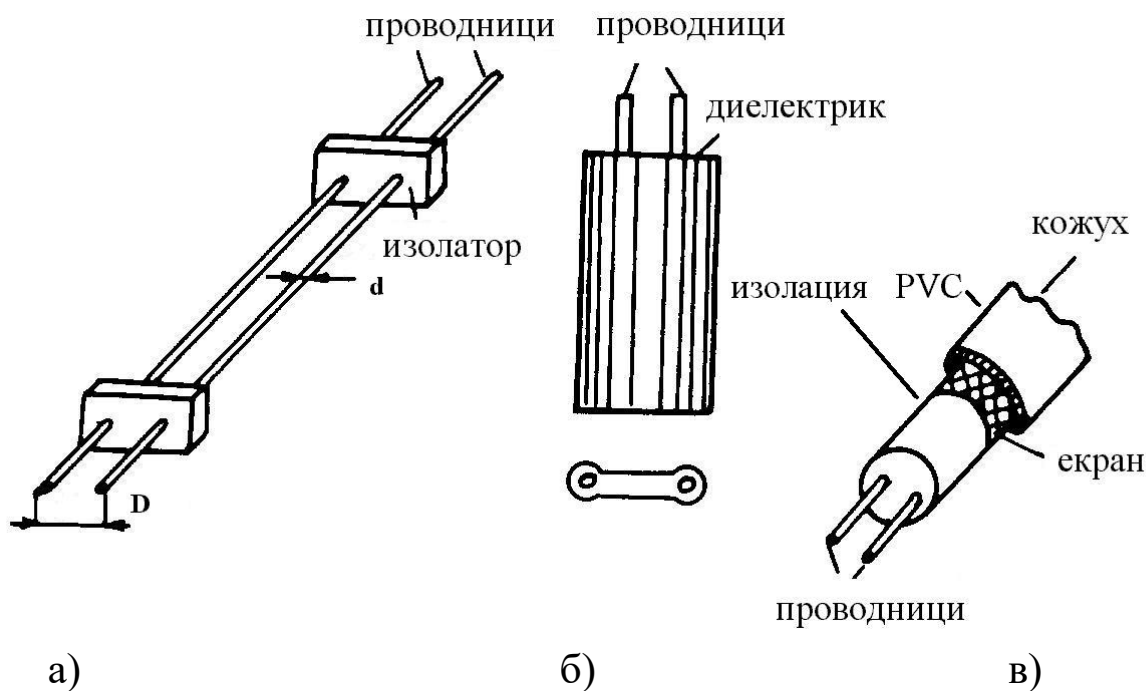
- *Симетрични фидери*. Използват се предимно в областта на късите вълни и УКВ. Най-простия симетричен фидер е *двупроводната открита линия* (фиг.2.1 а). Състои се от два успоредни медни проводника, разположени симетрично спрямо земята и околните предмети. Конструктивно това се постига чрез употребата на дистанционни в.ч. изолатори. Вълновото съпротивление зависи изключително от геометричните размери на сечението на проводниците и се изчислява по формулата

$$\rho \approx 276 \lg \frac{2D}{d} ,$$

където D е разстоянието между центровете на проводниците, а d - техният диаметър.

Симетричните лентови кабели са направени от два успоредни проводника, запресовани в полиетиленова изолационна лента (фиг. 2.1 б). Най-често двата проводника са многожични, съставени от седем калайдисани или посребрени проводника с диаметър 0,3 mm.

Лентовите кабели се произвеждат със сравнително високо вълново съпротивление - 240 или 300 Ω . Макар и неекранирани, притежават известна защита срещу проникването на външни смущения. Степента на проникване на смущения зависи от симетричността на двата проводника спрямо земята и околните предмети. Тя може значително да се подобри чрез усукване на кабела около оста му с 3-5 усуквания на метър.



фиг. 2.1

Поради малкото си затихване лентовите кабели са подходящи за направата на фидерни линии при приемане на слаби телевизионни УКВ/ЧМ сигнали. Стандартното му вълново съпротивление е около 270Ω .

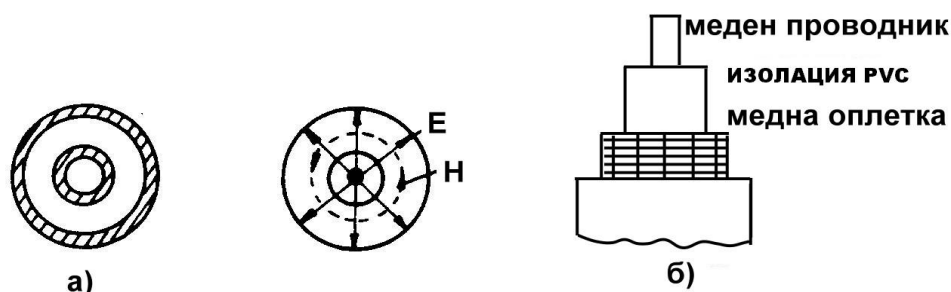
Подобно устройство има и *кръглият симетричен кабел*. Той е направен от два едножични проводника, поставени симетрично в цилиндрична в.ч. изолация, която е обвита последователно от спирално навита медна екранираща лента и изолационен кожух (фиг. 2.1в). Вълновото му съпротивление има средна стойност 120Ω .

Кръглият симетричен кабел има сравнително голямо затихване, тъй като електромагнитното поле на пренасяната в.ч. енергия се концентрира изцяло в кабелния диелектрик. Но в замяна на това тези кабели са много добре защитени срещу проникването на външни смущения, чрез заземяване на екраниращата обвивка.

- *Коаксиален кабел*. Състои се от два проводника разположени един в друг (фиг. 2.2а). Външният е с голям диаметър и е кух. Вътре в него е разположен друг проводник, но със значително по-малък диаметър. Взаимното им разположение е концентрично. Между двата проводника се образува електрическо поле, чийто силови линии са радиални, а линиите на магнитното поле са концентрични. Електромагнитното поле се разпространява между двата проводника,

като външния служи за екран и почти няма *антенен ефект*, т.е. нито излъчва, нито приема електромагнитни вълни.

Чрез коаксиалния кабел може да се предава енергия в широк честотен обхват (около 1 GHz), като се започне от свръхдългите и се стигне до сантиметровите вълни.



фиг. 2.2

При предаването на малка мощност вътрешният проводник е плътен, а външния и вътрешния се защитава с обвивка от полиетилен (фиг. 2.2 б).

Коаксиалните фидери се произвеждат обикновено с вълново съпротивление 60 или 75Ω.

В табл. 2.2 за сравнение е показано затихването в някои от разгледанти по-горе фидери при различни честоти.

Вълноводите са метални тръби с правоъгълно или кръгло сечение, в което се разпространява електромагнитно поле (фиг. 2.3 а). Вътрешността на тръбите са позлатени или посребрени. Те се използват за предаване на в.ч. енергия от сантиметровия и милиметровия обхват.

Табл. 2.2

Линейно затихване $dB/100m$	Коаксиален	Симетричен лентов	Симетричен екраниран
при 50 MHz	6,5	3	7
при 100 MHz	9,5	4,8	10,5
при 200 MHz	14	7	15
при 500 MHz	24	13	25
при 700 MHz	29	17	31

Вълноводът, с правоъгълно сечение, може да се представи като линия, която се придържа отгоре и отдолу с “метални изолатори” (фиг. 2.3б). Те не нарушават режима на работа. Ако се увеличи техния брой до безкрайност, получава се вълновод. Явно е, че по-широките стени трябва да имат размер $a=0,5\lambda$, иначе няма да изпълняват ролята на изолатори. Увеличаване на размера може да се допусне, тъй като тогава се смята, че проводникът заема излишък над $0,5\lambda$. Такъв вълновод осигурява разпространение на вълни, чиято дължина е по-малка от $2a$. Тя се нарича *критична дължина на вълната* $\lambda_{кр}=2a$.

Вълноводът, с кръгло сечение, може да се представи като двупроводна линия, която се придържа отгоре и отдолу чрез “метални изолатори” с полукръгла форма.

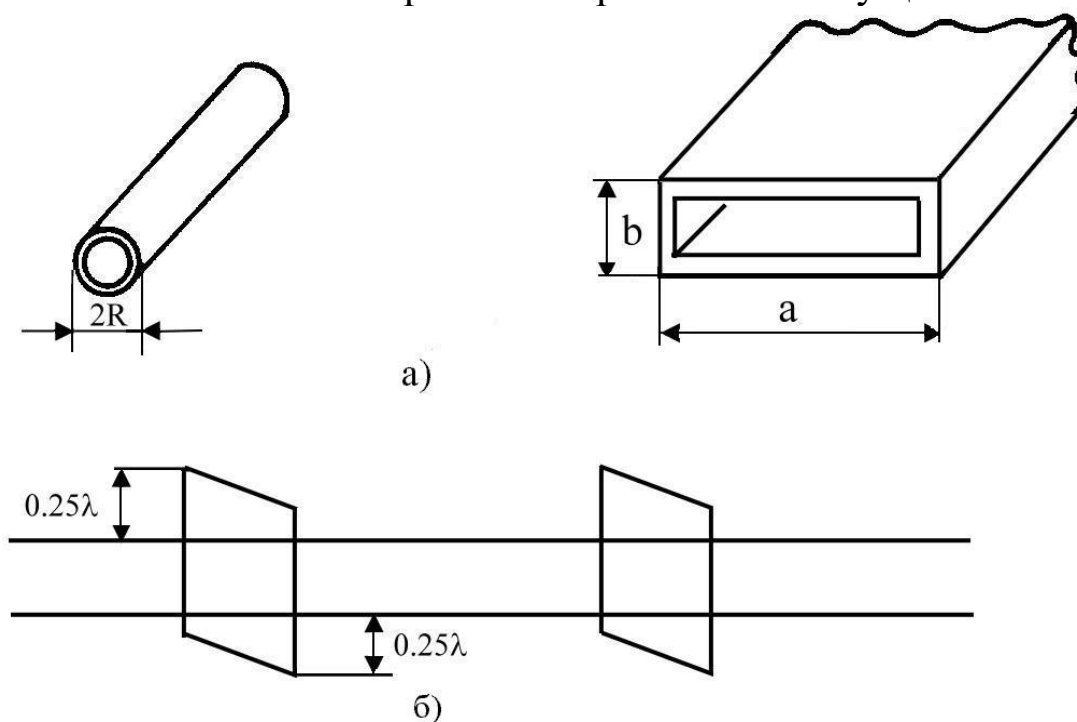
Разпространението на лъча на вълната във вълновода се извършва чрез последователно отражение от стените.

Вълноводите имат следните предимства пред кабелите:

а) Загубите на вълноводите са по-малки, тъй като не се съдържат изолатори и вътрешен проводник.

б) Могат да се предават вълни с по-голяма мощност без опасност от електрически пробив.

в) Екранирането на вълновода е пълно, поради което не е възможно излъчване на енергия или приемане на смущения.



фиг. 2.3

Като недостатък ще посочим ограничената им дължина до 15-20 *m*, поради критичната дължина на вълната и прецизната им вътрешна изработка по отношение на гладкостта.

Световодни (оптични) линии. Представяват оптично влакно със съвсем тънка двуслойна нишка с кръгло сечение. Размерът на напречното сечение на влакното трябва да е съизмерим с дължината на вълната; сърцевината му е с диаметър от 5 до 50 μm , а обвивката 100-30 μm .

В един световод могат да се разпространяват само определен брой лъчи от вълна с дадена работна честота. На основание на това се извършва класификация на световодите на *едномодови* и *многомодови*.

Загубите в оптичните кабели се дължат на поглъщане и разсейване. Поглъщането зависи от чистотата на кварцовото стъкло, докато разсейването се дължи на неравномерности, образувани при стопяване или охлаждане на стъклото.

Затихването в стъклото, предназначено за оптични влакна, зависи от дължината на вълната. По тази причина се предпочитат следните дължини: 0,85 μm , 1,3 μm и 1,55 μm . Оптичните кабели за по-голяма дължина на вълната имат по-малко затихване. Например за $\lambda=0,85\mu m$ затихването е около 2-3 *dB/km*, за 1,3 μm -около 1 *dB/km* и за 1,55 μm по-малко от 0,5 *dB/km*. Използването на вълни с по-голяма дължина е съпроводено с определени трудности.

Широчината на пропусканата честотна лента на влакното зависи от неговата дължина. Един краткотраен импулс след преминаване през кабела се разширява. Това е равностойно на стесняване на честотната лента. По тази причина тя се изразява в *MHz.km*.

Оптичните кабели пропускат широка честотна лента, примерно от 500 MHz до 1GHz, което позволява пренасянето на големи количества информация.

Конструкцията на оптичните кабели е различна. Обикновено се полагат няколко влакна в една обвивка. Разположението на световодите може да бъде около централен водещ елемент. В него при необходимост, се поставя стоманено жило за осигуряване на механична якост.

Сама по себе си оптичната линия за връзка е скъпа. Но ако се вземе напредвид огромния брой канали за връзка, които могат да се осъществят с помощта на една оптична линия, то стойността в относителни единици на един канал ще бъде най-ниската, което се вижда от фиг. 2.4.



фиг. 2.4

Хидроакустична линия за връзка. При нея предаването е свързано не толкова с обикновените начини за предаване на електрически сигнали, колкото с използването на еластичните колебания на водната среда. Особеност на хидроакустичната линия за връзка се явява нееднородността на средата. Освен това върху вярното предаване на сигналите влияние оказва солеността на водата, нейната температура, отражението на вълните от повърхността и дъното на моретата. Намира приложение във военноморските радиовръзки.

2.2. Образуване, елементи и свойства на електромагнитната вълна

Излъчването на радиовълните се осъществява чрез радиопредавателна антена. Тъй като тя се захранва с високочестотна енергия, в общия случай антената може да се разгледа като електрическа линия с разпределени параметри. Когато дължината на антената $l=0,25\lambda$ или $l=0,75\lambda$ тя има свойствата на последователен трептящ кръг, а при $l=0,5\lambda$ и $l=\lambda$ – на паралелен трептящ кръг.

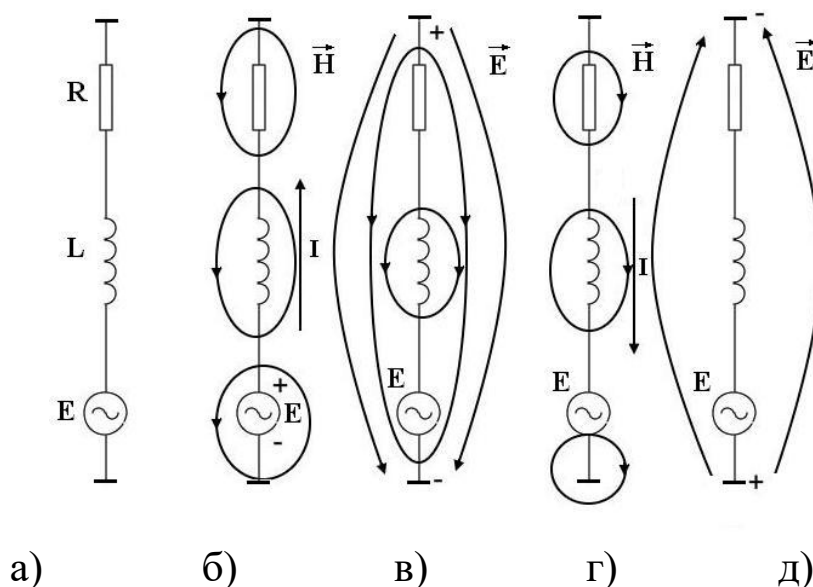
Ако мислено се раздалечат електродите на кондензатора на един такъв паралелен трептящ кръг ще се получи т.нар. отворен трептящ кръг (фиг. 2.5 а), който се захранва от в.ч. източник E . Кондензаторът, образуван от горната и долна част на антената, започва да се зарежда и се създава *електрическо поле*. Зареждането е съпроводено с протичането на ток I , чиято посока е означена със стрелки. Протичането обаче на в.ч. ток по проводника води до образуването на променливо *магнитно поле* с интензитет H (фиг. 2.5 б).

След приключване на процеса на зареждане престава да се образува магнитно поле, но вече веднъж създадено то продължава да се разпространява в пространството. При това, горната част на антената, (горната плоча на кондензатора) е условно заредена с положителни заряди, а долната с отрицателни, които ще обусловят съществуването на електрическо поле E , а измененията му са аналогични на изменението на магнитното поле, т.е. и то се разпространява в пространството.

Променливите полета, разпространяващи се извън областите, в които се намират породилите ги заряди, се наричат електромагнитни вълни.

През следващия полупериод на в.ч. трептение, полярността на източника е с обратен знак и процесите се повтарят обратно на предишните (фиг. 2.5 г, д).

Посоката на разпространението и големината на електромагнитната мощност, за всяка точка от пространството около една излъчваща антена, зависи от големините и посоките на векторите $\vec{E}$ и $\vec{H}$, които пък са свързани с относителната диелектрична проницаемост, относителната магнитна проницаемост и специфичната проводимост на средата в която се разпространява електромагнитната вълна.



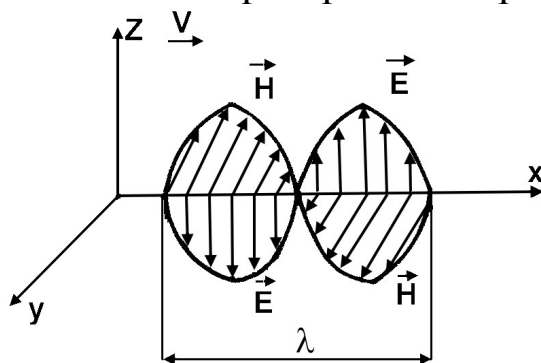
фиг. 2.5

Двата вектора $\vec{E}$ и $\vec{H}$ са свързани с трети вектор $\vec{S}$, който се нарича *вектор на Умов-Пойтинг* със зависимостта

$$\vec{S} = \vec{E} \cdot \vec{H}$$

Доказва се, че разпределението на електрическото и магнитно поле за всички точки в пространството около антената е такова, че електромагнитната енергия е съсредоточена около антената, без да се разпространява далеч от нея.

За по-далечна зона обаче двете полета имат такова разпределение, че векторът на Умов - Пойтинг е насочен за всички точки навън от антената. Тази зона се нарича *зона на излъчване* и се намира на разстояние, по-голямо от 4λ . Разпределението на двата вектора в различните точки от тази зона е показано на фиг. 2.6. Вижда се, че за точките в които векторът $\vec{E}$ има максимална стойност, векторът $\vec{H}$ има също максимална стойност. Освен това векторите $\vec{E}$ са разположени във вертикалната равнина, а векторите $\vec{H}$ – в хоризонталната. Това разпределение се отнася за излъчване от *вертикален симетричен вибратор*. (Това е проводник, разделен в средата, където се включва генератор на в.ч. трептение).



фиг. 2.6

Електромагнитната повърхност извън от антената се нарича *фронт* или *чело* на електромагнитната вълна. Ако челото може да се приеме за равнинно, вълната се нарича *равнинна* или *плоска* вълна. Посоката, в която се движи челото на вълната, е посоката на разпространение на вълната и се нарича *електромагнитен лъч*. Тя се определя от посоката на вектора на Умов-Пойтинг. За случая на фиг. 2.6, ако се приеме, че лъчът е успореден на земята, равнината на $\vec{E}$ и x е вертикална и затова вълната се казва, че е *вертикално поляризирана*. Ако векторът на електрическото поле съвпада с оста y , вълната е *хоризонтално поляризирана*.

Графичното изображение на вида на поляризацията заедно с нейната напрегнатост извън антената се нарича *диаграма на излъчване*.

Възможен е и случаят на разпространение на две плоско поляризирани вълни, чийто равнини на поляризация са взаимно перпендикулярни. Когато честотата и фазата на такива вълни са еднакви, а интензитетът-различен, поляризацията е *елиптична*. При еднакъв интензитет на разглежданите две вълни фазов ъгъл между тях 90° се получава *кръгова поляризация*.

Сферична е вълната, чийто фронт е сфера. Такава вълна се получава от точков излъчвател в еднородна изотропна среда. На значително разстояние от излъчвателя част от площта на сферата може да се разглежда като плоскост, а вълната-като плоска.

Цилиндрична е вълната, чийто фронт е цилиндрична повърхност; тя може да се излъчи от праволинеен излъчвател с голяма дължина. Тук лъчите са радиални, но са разположени в равнини перпендикулярни на оста на излъчвателя.

Както беше отбелязано по-горе разпространението на радиовълните зависи от дължината на вълната и свойствата на средата.

Известно е, че *скоростта* на разпространение на радиовълните зависи от средата. В свободно пространство (вакуум) тя е $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

За друга среда са от значение относителната диелектрична и магнитна проницаемост ϵ_r и μ_r . Ако те се вземат под внимание, скоростта V на радиовълните се определя по формулата

$$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r \cdot \mu_r}} \quad (2.1)$$

За въздуха $\epsilon_r \approx 1$ и $\mu_r \approx 1$, поради което $V \approx C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

За *идеален диелектрик* скоростта на разпространение се определя чрез (2.1).

Обаче за реалния диелектрик са характерни загуби, в резултат на което скоростта на разпространение V намалява, тъй като $\lambda = V/t$. Така например във вакуум $\lambda = 1 \text{ m}$, а в мед $\lambda = 2,4 \cdot 10^{-3}$, откъдето може да се направи изводът, че в *идеален проводник* не могат да проникват радиовълни.

Специфичната проводимост на даден реален диелектрик силно зависи от честотата. Така например, морската вода при $f < 10 \text{ MHz}$ се приема за проводник, а при $f > 100 \text{ GHz}$ -за диелектрик; влажната почва при $f < 20 \text{ kHz}$ е проводник, а при $f > 200 \text{ MHz}$ е диелектрик.

С повишаването на честотата, започват да се проявяват по-силно оптичните свойства на радиовълните: отражение, пречупване, дифракция и интерференция; понятия известни от физиката. *По тази причина законите на светлинната оптика се отнасят и за разпространението на радиовълните.*

Табл. 2.3

Наименование на вълните	Обхват	
	Дължина (λ)	Честота (f)
Свърхдълги	10 km и по-вече	По-ниска от 30 kHz
Дълги	1-10 km	30-300 kHz
Средни	100-1000 m	300 kHz-3 MHz
Къси	10-100 m	3-30 MHz
Ултракъси (УКВ):		
- метрови	1-10 m	30-300 MHz
- дециметрови	0,1-1 m	300 MHz-3 GHz
- сантиметрови	1-10 cm	3-30 GHz
- милиметрови	1-10 mm	30-300 GHz
-субмилиметрови	0,1-1 mm	300-3000 GHz

Условното разделение на радиовълните, в зависимост от дължината и честотата им, е дадено в табл. 2.3, докато *точното* им разпределение се регламентира съгласно специални международни споразумения. Така например за средните вълни (само за Европа) е определен обхват от 186,8-571 *kHz*; за късовълновия единадесет метров обхват (само за Европа, Азия и Африка) от 11,49 до 11,71 *m* и т.н.

В табл. 2.3 могат да се включат и т.н. оптични (светлинни) радиовълни, които са в период на бързо усвояване. Тяхната дължина е по-малка от 0,1 *mm*, което съответства теоритично на честота по-висока от 3000 *GHz*.

2.3. Особености на разпространение на електромагнитните вълни

Всички електромагнитни радиовълни се характеризират, при своето разпространение, с тъй наречената *повърхностна (приземна)* вълна и *пространствена* вълна, която се разпространява под ъгъл спрямо земната повърхност.

Повърхностна или земна вълна се нарича онази част от излъчваната електромагнитна енергия, която се разпространява непосредствено над земната повърхност. Земята и местните предмети, които повърхностната вълна среща при разпространението си, причинява затихване. Затихването зависи от една страна от свойствата на земята и водната повърхност, естествените и изкуствени прегради, а от друга страна-от дължината на излъчената електромагнитна вълна.

Земните пластове поглъщат електромагнитната енергия вследствие на индуктиране на токове, които преминават през тези пластове. Електромагнитната енергия се поглъща и от всички местни проводими предмети: гори, ж.п. линии, стоманобетонни постройки, метални конструкции, електропроводни и телефонни линии. Освен това земните пластове деформират електромагнитната вълна поради нееднаквата скорост на разпространение на вълната в тях и във въздуха. Поради това електрическите силови линии не са вертикални, а наклонени по посока на разпространението.

Неравностите на земната повърхност - планини, хълмове, възвишения, както и кривината им пречат на разпространението на повърхностната вълна. Зад тези препятствия те се разпространяват само в следствие на дифракцията.

Ще припомним, че дифракцията е явление, при което радиовълните заобикалят препятствията. Тя се изразява толкова по-силно, колкото дължината на вълната е по-голяма от размерите на препятствията.

Ако дадено препятствие има височина съизмерима с дължината на вълната, то може да се пренебрегне. В случай, че неговата височина е значително по-голяма от дължината на вълната, електромагнитната енергия не се разпространява непосредствено зад препятствието, поради което се явяват така наречените радиосенки.

От гореказаното следва, че за дългите вълни даже високите планини не представляват препятствие, докато за ултракъсите вълни препятствие представляват даже морските вълни.

Онази част от електромагнитната енергия, която се излъчва под известен вертикален ъгъл по отношение на хоризонта, се нарича *пространствена вълна*.

Разпространението на пространствената вълна зависи: 1) от мощността и вертикалната диаграма на излъчване на предавателната антена; 2) от дължината на излъчваната вълна и 3) от свойствата, височината и дебелината на йонизирани атмосферни слоеве.

Йоносферата е разположена над стратосферата (60 - 400 *km*). Тя е с малка маса и плътност. Под влияние на слънчевите и космически лъчи се извършва разпадане на неутралните атоми на електрони и положителни йони (йонизация), а също така и обратен процес (рекомбинация), при който се получават пак неутрални атоми. Разределеният газ е силно йонизиран, проводящ и *отразява* радиовълните.

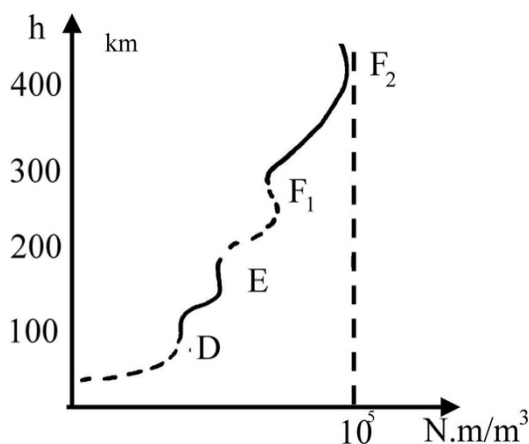
Йоносферата има няколко слоя с различни електрически свойства и съответно с различни условия за разпространение на радиовълните:

Слой D е на височина 60 - 80 *km*. Той се *появява само през деня* и се характеризира с най-малка електронна концентрация, тъй като слънчевите и космически лъчи достигат до него отслабени. Много дългите вълни се отразяват от този слой, а късите и средните се поглъщат частично.

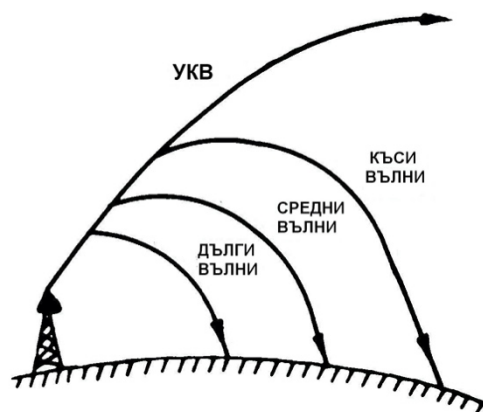
Слой E заема височина от 80 до 130 *km*. Неговата проводимост е по-голяма от проводимостта на слоя *D*, защото по обясними причини степента на йонизация е по-висока. Този слой *се запазва и през нощта*, но йонизацията намалява постепенно след залеза на слънцето. Освен това в този случай се наблюдават и *сезонни изменения* на концентрацията на електроните, които влияят на отражението и поглъщането на радиовълните.

Слой F1 е разположен на височина 180-230 *km*. Той *не съществува през нощта* и зимни месеци.

Слой F2 е от 300 - 400 *km* от земята. Степента на йонизация е най-голяма, тъй като влиянието на слънчевите лъчи е много силно и налягането е малко поради разредеността на газа.



фиг.2.7



фиг. 2.8

На фиг. 2.7 е показана връзката между електронната концентрация N и средната височина h . Прекъснатата линия се отнася за слоевете D и F_1 , които са непостоянни.

Йоносферата влияе на разпространението на радиовълните чрез пречупване, отражение и поглъщане.

Пречупването е по-силно за по-високите слоеве и при дневни условия, тъй като степента на йонизация е по-голяма.

При едни и същи условия по-дългите вълни се пречупват повече, тъй като за тях (за ниски честоти) проводимостта е по-голяма. Чрез последователно пречупване лъчът може да се върне към земята (фиг. 2.8). Ултракъсите вълни променят посоката си, но не се връщат на земята, а се разпространяват в космическото пространство.

Поглъщането се изразява под формата на топлина, като радиовълните въздействат на свободните електрони и ги привеждат в трептливо движение. Установено е, че загубите от поглъщането са най-големи при $\lambda=200m$.

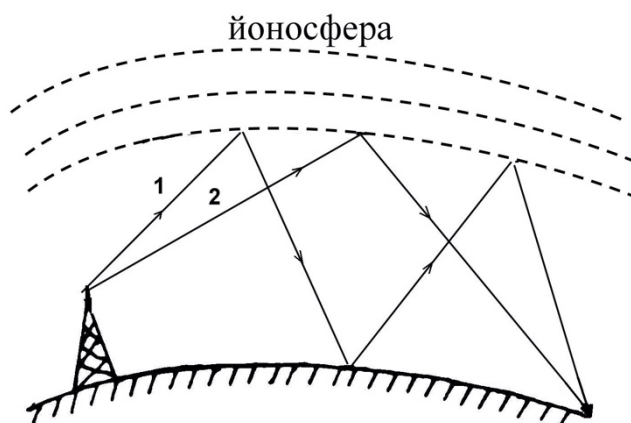
Въз основа на всичко казано по-горе може да се систематизират следните специфични особености на разпространението на следните видове радиовълни:

а) *Свръхдълги и дълги вълни*

В този случай радиовръзката се осъществява с помощта на приземна и пространствена радиовълна на разстояние 2000 - 3000 km.

Повърхностните радиовълни се поглъщат слабо от земята, защото земната повърхност и водата се отнасят като проводящи среди.

Освен това, условията за разпространение са постоянни по време на денонощието.



фиг. 2.9

Разпространението се осъществява и с пространствени вълни. За тях е характерно многократно отражение от йоносферата и земята (фиг. 2.9). При дневни условия *отражението* се извършва от слоя *D* (не голямо покритие), а през нощта от слоя *E* (покрития на големи разстояния). Освен това, разпространението се влияе от сезоните на годината и от слънчевата активност.

Повърхностната и пространствената вълна могат да си взаимодействат (интерферират). Тогава при еднакви фази се получава усилване, а при противоположни-затихване.

Интерференцията може да се получи и между две пространствени вълни, както е показано на фиг. 2.9, ако те се излъчват под различни ъгли и изминават различни пътища (лъчите 1 и 2).

Използването на свръхдългите и дългите радиовълни е свързано с някои неудобства, които се заключават основно в това, че антените имат големи размери и радиопредавателите трябва да са достатъчно мощни, за да се превиши нивото на атмосферните и промишлени шумове.

б) Средни вълни

Разпространението на тези радиовълни се осъществява също чрез повърхностни и пространствени радиовълни на разстояние до 500-1500 *km*.

Повърхностната вълна осигурява надеждна радиовръзка през деня и нощта, но затихва бързо поради поглъщането от земята.

Пространствената вълна се приема добре нощно време, защото през деня се *поглъща* силно от слоя *D*.

Следователно, разпространението на средните вълни *през деня е само чрез повърхностна вълна*, а нощем-чрез повърхностна и пространствена. Двете вълни си взаимодействат. Взаимодействието има *случаен* характер, тъй като разпространението зависи от случайни процеси. В резултат на това сигнала в мястото на приемането затихва.

Това влияние в практиката се нарича *заглъхване* или *фадинг*. Срещу нежелателните последици от фадинга се използват антифадингови антени и се въвежда *автоматично регулиране на усилването* в радиоприемниците.

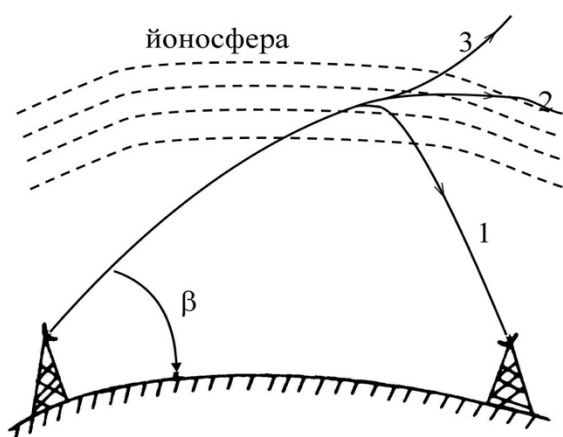
в) Къси вълни

При късите вълни *повърхностната вълна* затихва много бързо поради силното влияние на земната повърхност, която я поглъща.

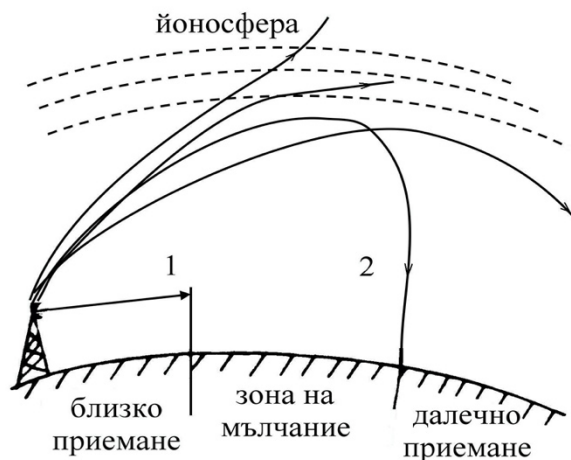
Пространствената вълна има съществено значение. За нейното разпространение особена роля играе йоносферата. По тази причина късите вълни преминават през слоевете *D* и *E* и се отразяват чак от слоя *F2*. Наблюдава се отражение и от слоя *E* през летните дни и при силна слънчева активност. Поглъщането в йоносферата намалява с повишаване на честотата. Благодарение на това пространствената вълна достига земята с малко затихване. Поради това е възможна радиовръзка на значителни разстояния при относително малка мощност на радиопредавателя.

Отражението на пространствената вълна *зависи от честотата*. При зададен ъгъл на възвишението β (фиг. 2.10) могат да се разграничат три случая, където 1 е лъч при ниска честота, 2 при някаква средна честота, 3-при висока честота.

При изменение на ъгъла на възвишението и постоянна честота се получават случаите, дадени на фиг. 2.11.



фиг. 2.10



фиг. 2.11

На фиг. 2.11 са показани и трите зони на приемане. Първата от тях е наречена *зона на близко приемане* - 1. За нея е характерно разпространение само на повърхностната вълна (няколко десетки километра) и затихва силно. Разстоянието от мястото на затихналата повърхностна вълна до мястото, в което се появява отразения лъч, определя *зона на мълчание* - 2. В нея приемането е невъзможно. Тя почти изчезва при дължини на вълната около 80-100 *m*. Ето защо най-подходящи вълни за далечна радиовръзка през деня са тези от 10 - 30 *m*; а през нощта-от 30 - 100 *m*.

г) Ултракъси вълни (УКВ)

Тези вълни заемат много широк честотен диапазон и намират голямо приложение в телевизията, радиолокацията, радиорелейните линии, космическите връзки и други съвременни направления в радиокомуникациите.

Първата особеност на УКВ е, че приземната радиовълна се разпространява праволинейно. Тъй като нейната дължина е от 0,1 *mm* до 10 *m*, т.е. съизмерима е с предметите по земната повърхност, тя не може да ги заобиколи.

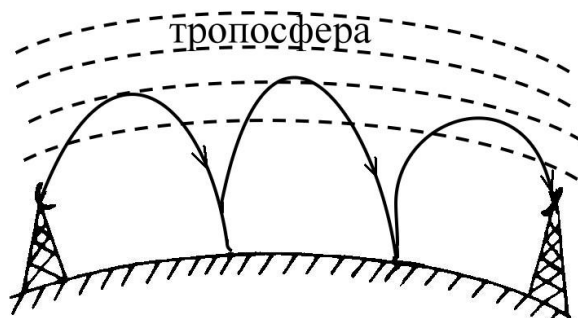
Следователно качествена и надеждна радиовръзка на УКВ е възможна с приземна вълна само в зоната на пряка видимост между предавателя и приемника. Ако височината на предавателната антена е $h_1[m]$, а на приемника $h_2[m]$ то максималното разстояние $d_{max}[km]$, на което може да се осигури връзка с помощта на прекия лъч между предавателя и приемника, е

$$d_{max} \approx 4(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}). \quad (2.2)$$

Разпространението на УКВ се влияе от метеорологичните условия. Това влияние е толкова по-силно, колкото вълната е по-къса. Вълните под 5 *cm* се *поглъщат* от водните пари, дъжда, снега и мъглата. Това на практика проличава още при IV-V TV обхват (470 - 960) *MHz*, където качеството на изображението се влошава особено при силен , мокър снеговалеж или напълно се преустановява при приемане на сигнали от сателитни ретранслатори, работещи в обхвата (11,7 - 12,5) *GHz*.

Пространствените УКВ като правило не се отразяват от йоносферата. Такава вълна се пречупва и отправя в космическото пространство. Ето защо дециметровите и сантиметровите вълни са удобни за космически връзки.

УКВ могат да се разпространяват на по-далечно разстояние чрез така наречения *тропосферен вълновод* (фиг. 2.12).



фиг. 2.12

Например над водна повърхност, където влажността е много голяма, свойствата на въздушния пласт и пречупването се изменят много бързо с нарастването на височината. Лъчът се пречупва и връща бързо на земята. Когато радиопредавателят е мощен, процесът се повтаря и околоземното пространство служи като вълновод.