

РАДИОВЪЛНИ. ЧЕСТОТНИ ОБХВАТИ

I. Радиовълни. Свойства. Приложения.

1. Радиовълни.

Радиовълните са електромагнитни вълни с дължина на вълната от 100 km до десети от милиметъра. Използват се за предаване на информация (данни, говор, музика, изображения). Създават се около проводник, в който протича променлив ток с висока честота и се излъчват чрез предавателна антена. Характерът на разпространението им в земната атмосфера зависи от дължината им. Попаднали върху приемна антена, индуцират в нея токове от вида на тези, от които са получени.

Радиовълните (радиочестоти), използвани в радиотехниката заемат област или спектър от 10000 m (30 kHz) до 0,1mm (3000 GHz). Това е малка област от спектъра на електромагнитните вълни. След радиовълните, по степен на намаляване на дължината следва областта на инфрачервените лъчи, после е тесния участък на видимата светлина, след него са диапазоните на ултравиолетовите, рентгеновите и гама лъченията. Всички те са електромагнитни трептения с една природа, различаващи се само по дължина на вълната и съответно по честотата.

Радиовълните се характеризират с амплитуда, фаза, честота и дължина на вълната, скорост и посока на разпространение и др.

Връзката между честотата f и дължината на вълната λ във въздуха се дава със скоростта на светлината във вакуум ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s) чрез следната зависимост:

$$\lambda = c / f$$

Например, за GSM 900, дължината на вълната λ е:

$$\lambda = 3 \times 10^8 / 900 \text{ MHz} = 0.33 \text{ m (или 33 сантиметра)}$$

2. Широчина на честотната лента

Според честотата си електромагнитните вълни се разделят на честотни обхвати. *Широчина на честотната лента (честотен обхват, диапазон)* е терминът, използван за описание на обхват от честоти, намиращи се в определени граници.

Вътре в честотния обхват на радиочестотите, също има обособени подобхвати, но границите между тях са условни. Те следват една след друга, а понякога даже се припокриват. Най-общо според дължината на вълната радиовълните се делят на:

свръхдълги $\lambda > 10\,000$ m

дълги $\lambda = 10\,000 - 1000$ m

средни $\lambda = 1000 - 100$ m

къси $\lambda = 100 - 10$ m

метрови $\lambda=10-1\text{ m}$
 дециметрови $\lambda=0.1-1\text{ m}$
 сантиметрови $\lambda=0.1-1\text{ dm}$
 милиметрови $\lambda=0.1-1\text{ cm}$
 субмилиметрови $\lambda<1\text{ mm}$

В България разпределението на ползването на радиочестотния спектър в рамките на страната се осъществява от Комисията за регулиране на съобщенията. Тя изготвя „Национален план за разпределение на радиочестотния спектър на радиочестоти и радиочестотни ленти за граждански нужди, за нуждите на отбраната и сигурността, както и за съвместно ползване между тях”. С този план се определя как да се използват честотите между 9 kHz и 400 GHz между различните им ползватели. За някои от честотите, към които има голям интерес, се обявяват конкурси за даването на разрешение за ползването им - такива са например честотите за осъществяване на мобилни телефонни комуникации.

Честотният обхват на радиовълните, предназначени за радио и телевизионно разпръскване е разпределен чрез международни споразумения на отделни обхвати и е обект на специални закони по отношение на използването му.

Международното разделяне, използвано в радиотехниката е представено на Таблица 1 и Таблица 2.

Таблица 1. Видове радиовълни и честотният им обхват

ЧЕСТОТНА ЛЕНТА	ЧЕСТОТЕН ОБХВАТ	ВЪЛНОВ ОБХВАТ	ДЪЛЖИНА НА ВЪЛНАТА	НЯКОИ ПРИЛОЖЕНИЯ
3 – 30 kHz	Много ниски честоти (МНЧ)	Мириаметров	100 – 10 км	Далечна навигация и морска радиослужба
30 – 300 kHz	Ниски честоти (НЧ)	Километров	10 – 1 км	Въздушна и морска навигация
300 – 3000 kHz	Средни честоти (СЧ)	Хектометров	1 – 0.1 км	АМ радио и радиокомуникации
3 – 30 MHz	Високи честоти (ВЧ)	Декаметров	100 – 10 м	Радиолюбителски обхвати, сигнали за точно време
30 – 300 MHz	Много високи честоти (МВЧ)	Метров	10 – 1 м	TV, FM, безжични телефони, контрол на въздушния трафик
300 – 3000 MHz	Ултра високи честоти (УВЧ)	Дециметров	1 – 0.1 м	UHF TV, спътникови комуникации, радари за въздушен трафик и т.н.
3 – 30 GHz	Сврхвисоки честоти (СВЧ)	Сантиметров	10 – 1 см	Предимно за спътникова телевизия

30 – 300 GHz	Крайно високи честоти (КВЧ)	Милиметров	10 – 1 мм	Спътникови служби
300 – 3000 GHz	Хипервисоки честоти (ХВЧ)	Децимиметров	1 – 0.1 мм	Спътникови служби

Таблица 2

ЧЕСТОТНА ЛЕНТА	ДЪЛЖИНА НА ВЪЛНАТА	ЧЕСТОТЕН ОБХВАТ	АБРЕВИАТУРА
3 – 30 Hz	$10^5 - 10^4$ km	Extremely low frequency	ELF
30 – 300 Hz	$10^4 - 10^3$ km	Super low frequency	SLF
300 – 3000 Hz	$10^3 - 100$ km	Ultra low frequency	ULF
3 – 30 kHz	100 – 10 km	Very low frequency	VLF
30 – 300 kHz	10 – 1 km	Low frequency	LF
300 kHz – 3 MHz	1 km – 100 m	Medium frequency	MF
3 – 30 MHz	100 – 10 m	High frequency	HF
30 – 300 MHz	10 – 1 m	Very high frequency	VHF
300 MHz – 3 GHz	1 m – 10 cm	Ultra high frequency	UHF
3 – 30 GHz	10 – 1 cm	Super high frequency	SHF
30 – 300 GHz	1 cm – 1 mm	Extremely high frequency	EHF
300 GHz - 3000 GHz	1 mm - 0.1 mm	Tremendously high frequency	THF

3. Основни свойства на радиовълни

Радиовълните, както и другите електромагнитни вълни, се разпространяват в пространството със скоростта на светлината (300 000 km/s). Основни свойства на радиовълните са: отражение, пречупване, затихване, дифракция, интерференция и др.

Електромагнитните вълни свободно преодоляват въздуха или космическото пространство (вакуум), но ако на пътя им има метален проводник, антена или друго електропроводимо тяло, вълните *отдават* част от своята енергия на този обект и по този начин създават променливо електричество в него.

Винаги част от излъчената енергия се *отразява* от повърхностите. Върху това свойство е основана радиолокацията.

Друго свойство на електромагнитните вълни (както и на всички други вълни) е тяхната способност да *заобикалят* тела по пътя си. Това е възможно само, ако телата са по-малки от дължината на вълната или са сравними с нея. Ако тялото е по-голямо от дължината на вълната, то може да я отрази. Например, за да бъде засечен самолет, дължината на вълната на радиолокатора трябва да бъде по-малка от геометричните размери на самолета (по-малка от 10 m). Има обаче и случаи, в които тялото може и да

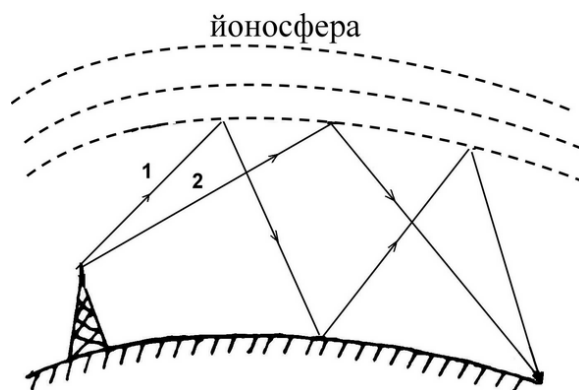
не отрази радиовълната, например, ако е изградено по технологията „Stealth”.

4. Разпространение на радиовълните.

Радиовълните пренасят в пространството енергия, излъчена от генератор на електромагнитни трептения. Енергията, която пренасят електромагнитните вълни зависи от мощността на генератора (предавател) и от разстоянието до него, т.е. далечината на приемане зависи от мощността на предавателя, но в по-голяма степен - от разстоянието до него. Например, енергийния поток на електромагнитното излъчване от Слънцето на повърхността на Земята, достига до 1 kW на квадратен метър, а потокът от енергия на средновълнова предавателна станция - едва хилядни или даже милионни части от W на квадратен метър.

Радиовълните се излъчват чрез антена и се разпространяват във вид на енергия на електромагнитното поле. И въпреки, че природата на радиовълните е една, тяхната способност за разпространение силно зависи от дължината на вълната. Земята представлява електрически проводник (макар и не добър) и преминавайки над повърхността ѝ, радиовълните постепенно отслабват. Това се дължи на факта, че електромагнитните вълни предизвикват ел. ток на повърхността на планетата, поради което се губи и част от енергията. Тоест, енергията се поглъща от Земята, при това, толкова повече, колкото е по-къса вълната (по-висока честотата). Енергията отслабва още и защото радиоизлъчването се разпространява във всички посоки и следователно, колкото по-отдалечен е приемникът от предавателя, толкова по-малко енергия се пада на единица площ и толкова по-малко попада в антената.

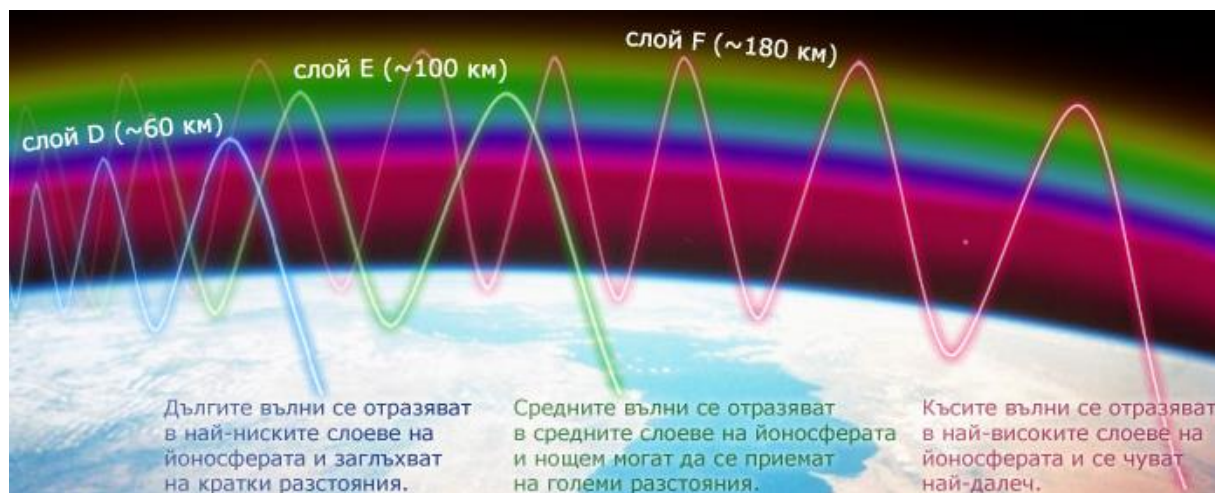
При разпространението си радиовълните достигат до йоносферата, отстояща на разстояние от около 40 до 500 км от земната повърхност – фиг. 1.



Фиг. 1

Йоносферата отразява радиовълните обратно към Земята, което позволява те да бъдат приемани на големи разстояния. Това явление се нарича *интерференция*.

Дългите вълни се отразяват в най-ниските слоеве на йоносферата и се разпространяват като приземни вълни (следват кривината на Земята). Те затихват бързо и не могат да се приемат на големи разстояния по земната повърхност – фиг. 2. Затова дълговълновите предаватели трябва да имат голяма мощност.



Фиг. 2

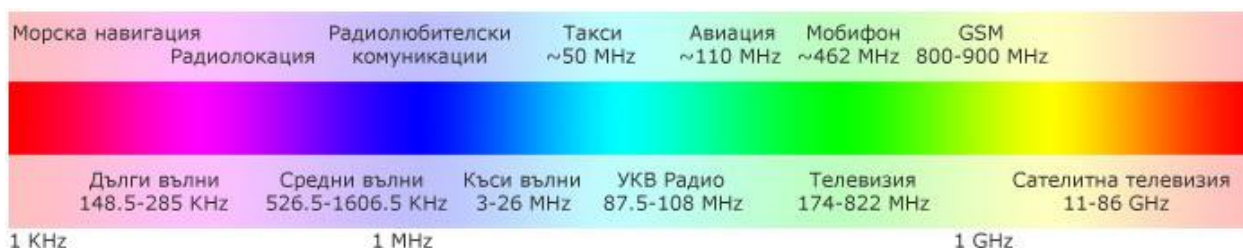
Средните вълни през деня се разпространяват като приземни вълни, а вечерно време се отразяват от средните слоеве на йоносферата и затова достигат до по-далечни разстояния. Поради това средновълновите предаватели се приемат по-добре вечер, отколкото през деня.

Късите вълни се отразяват от най-високите слоеве на йоносферата и затова достигат до по-далечни разстояния. На къси вълни може да се покрият големи разстояния при малка мощност на предавателя.

Ултракъсите вълни се разпространяват само по права линия (както светлината) и не се отразяват от йоносферата. Затова предавателните антени за УКВ се монтират на специални кули, построени на подходящи височини.

5. Приложения на радиовълните

На фиг. 3 са показани приложения на радиовълните в отделните честотни обхвати.



Фиг. 3

Дълги вълни (ДВ / LW)

Дългите вълни са предназначени за монофонично радиоразпръскване с амплитудна модулация ДВ-АМ в честотен обхват 148.5-285 kHz (0.1485-0.2850 MHz). Предаванията на дълговълнови предавателни станции могат да бъдат приемани на разстояние до няколко хиляди километра, при което сигналът затихва бавно и плавно. Поради характера на разпространението на дългите вълни, Международния телекомуникационен съюз (ITU - International Telecommunication Union) е приел разпределение на обхвата на отделни канали, които да се използват от предавателните станции. Тези канали са в обсега от 153 до 279 kHz и имат отстояние от 9 kHz. Обхватът на дългите вълни се използва за радиоразпръскване само в Европа, Северна Африка и Русия. Днес в света работят общо около 50 предавателя, излъчващи радиопрограма на дълги вълни.

В България работеше един предавател на дълги вълни - Радиопредавателна станция Вакарел (край София) - 261 kHz. РПС Вакарел излъчваше Програма Хоризонт и Парламентарен канал на БНР до 1 януари 2015 г.

Средни вълни (СВ / MW)

Средните вълни са предназначени за монофонично радиоразпръскване с амплитудна модулация СВ-АМ в честотен обхват 526.5 - 1606.5 kHz (0.5265-1.6065 MHz). Средните вълни се разпространяват на големи разстояния благодарение на дифракция по земната повърхност, а нощем се отразяват в йоносферата (интерференция). Стандартните честоти за Европа са от 531 до 1611 kHz с отстояние от 9 kHz. В Северна Америка се използва обхват от 530 до 1710 kHz, разпределен на канали с отстояние от 10 kHz.

В този обхват до 2010 г. в България работиха 25 предавателя, излъчващи програмите на Българското Национално Радио.

Къси вълни (КВ / SW)

Късите вълни са предназначени за монофонично радиоразпръскване с амплитудна модулация КВ-АМ в честотен обхват 2300 - 26100 kHz (2.30-26.10 MHz). Късите вълни се разпространяват на големи разстояния

основно нощем, благодарение на отразяването си в горните слоеве на йоносферата. Това позволява късите вълни да се използват за предаванията на международни радиостанции. Поради характера на разпространението на късите вълни, Международния телекомуникационен съюз (ITU) е приел разпределение на обхвата на вълнови обхвати, които да се използват от предавателните станции.

До 2012 г. Радио България излъчва предавания на 10 езика за целия свят чрез две предавателни станции: Радиопредавателен център Костинброд (край София) и Радиопредавателен център Пъдарско (край Пловдив). Радио Варна също е имало предаване на къси вълни за българските моряци, плаващи в световния океан.

Ултракъси вълни (УКВ / FM)

Ултракъсите вълни са предназначени за монофонично и стереофонично наземно радиоразпръскване с честотна модулация УКВ-ЧМ в честотен обхват 87.50 - 108.00 MHz. УКВ вълните се разпространяват до границата на пряката видимост и не се отразяват в атмосферата. Това позволява качествено излъчване на радиосигнал за ограничена територия. УКВ се използва след края на Втората световна война, с различия в някои региони на света. В САЩ УКВ обхватът е от 87.90 до 107.90 MHz, в Япония - от 76 до 90 MHz. В отделни страни УКВ обхватът е разпределен и на честотни канали, предвидени за различен тип програми. В България, както и в други страни от Източна Европа, през втората половина на XX-ти век за УКВ радиоразпръскване се използват честотите от 64 до 74 MHz (OIRT стандарт). От 1980-те години в България започва преминаване към западния стандарт (CCIR) с използване на честотен обхват 87.5-108 MHz.

След 2004 г., честотите в OIRT обхвата се използват само в районите, където няма свободни честоти в новия обхват. Последният предавател, излъчващ в този обхват в България спря в края на януари 2008 г. В честотния обхват 87.5-108 MHz излъчват всички регионални и национални радиостанции в страната.

Телевизионни обхвати

Предназначени за наземно радиоразпръскване на телевизионни сигнали с честотна модулация УКВ-ЧМ в обхвати 49-100 MHz (Метров обхват-1), 174-230 MHz (Метров обхват-2) и 470-862 MHz (Дециметров обхват). Както и другите УКВ вълни, телевизионния сигнал се разпространява до границата на пряката видимост и не се отразява в атмосферата. Зоната на приемане е ограничена и до голяма степен зависи от височината на предавателната и приемната антена. Честотното разпределение на телевизионните обхвати е различно в отделните страни по света.

В България, както и в други страни от Източна Европа, за ефирно телевизионно излъчване е приет стандарт, според който Метровият обхват е разпределен на 12 телевизионни канала, с офсет на честотите за изображение и звука от 6.5 MHz. Метровия обхват от своя страна се дели на MB-I (1-5 канал) и MB-II (6-12 канал), или MB-I (1-2 канал), MB-II (3-5 канал) и MB-III (6-12 канал).

Каналите в Дециметров обхват от 21 до 69 имат офсет от 5.5 MHz, като се делят на DMB-I (21-37 канал) и DMB-II (38-69 канал).

За разпространение на телевизионни програми по кабелни мрежи се използват и честотните обхвати SR-1 (110-174 MHz, 1-8 канал), SR-2 (230-294 MHz, 11-18 канал) и SR-3 (294-470 MHz, 19-40 канал).

Честотите, попадащи в каналите на Метров обхват-1 съвпадат с УКВ-обхвата 87.5-108 MHz, но въпреки това продължават да се използват за ефирно телевизионно излъчване в някои региони на България. Най-мощен предавател в този обхват е Радиорелейната и телевизионна станция Венец край Шумен, излъчващ на пети телевизионен канал (93.25-99.75 MHz). На каналите от Метров обхват-2 излъчват повечето основни предаватели и ретранслатори за Първа телевизионна мрежа в страната, а в Дециметровия обхват - за Втора и трета телевизионни мрежи, както и регионални ТВ канали.

При цифровизацията на ефирния телевизионен сигнал от 2013 г. в България се използват само канали в Дециметровия обхват.

Свръхкъси вълни - C-band, Ku-band, Ka-band

C-band (3-7 GHz), Ku-Band (11-15 GHz) и Ka-Band (18-40 GHz) са сектори от електромагнитния спектър в обхвата на свръхкъсите вълни, които се използват основно за сателитни радио- и телевизионни предавания от телекомуникационни спътници в околоземна орбита.

От месец юни 2017 г. България вече притежава собствен геостационарен комуникационен сателит - BulgariaSat 1. Сателитът ще предоставя телевизия с висока разделителна способност и свръхвисока разделителна способност, комуникации с терминал с много малка апертура (VSAT), сателитни релета за събиране на новини и други комуникационни услуги, предимно за Балканския полуостров и Централна / Западна Европа.

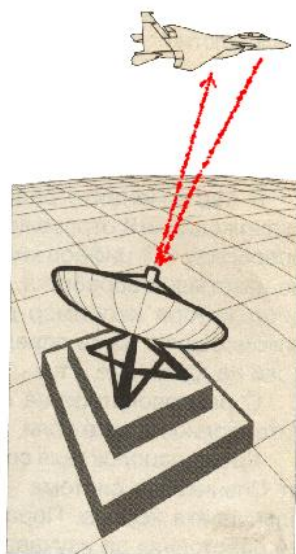
Сателитът е собственост на българския телекомуникационен оператор „Булсатком“/„България Сат“, според който 46% от капацитета на сателита ще се използват за нуждите на компанията, а 54% ще се разпределят за други организации, които биха желали да се възползват. BulgariaSat 1 се позиционира на 36 000 км над Земята и ще има минимум 20-годишен предвиден живот спрямо изграждането и издръжливостта си. Ще се управлява от две контролни сателитни станции, разположени далеч една от друга – едната близо до София, а другата до Велико Търново.

Микровълни

Ултракъсите радиовълни с дължина на вълната между 1mm и 30 cm се наричат микровълни. Някои от съвременните приложения на микровълните са в областта на науката, техниката и бита.

Радиолокация

Откриването на различни обекти и точното определяне на тяхното местоположение с помощта на микровълни се нарича *радиолокация*. Това става с устройство, наречено радиолокатор или радар. Принципът на действие на радиолокатора е подобен на ултразвуковия локатор. Радиолокаторът е снабден с мощен свръхвисокочестотен (СВЧ) генератор, свързан със специална антена, която излъчва микровълни само в определена посока. (Теоретично и експериментално е доказано, че колкото дължината на електромагнитната вълна е по-малка, толкова по-голяма насоченост на излъчването може да се постигне. Това е основната причина за радиолокация да се използват микровълни, а не по-дълги радиовълни.) Поради голямата насоченост на излъчването може да се използва израз микровълнов „лъч“, който се разпространява по посока на обекта, отразява се от него и се връща обратно – фиг. 4.



Фиг. 4

В съвременните радиолокатори информацията, съдържаща се в отразените от обекта микровълни, се преобразува в цифров код, което позволява бързата ѝ по-нататъшна обработка. Това дава възможност с радиолокатора например да се следят едновременно няколко обекта, да се определят техните скорости и посоки на движение и т.н.

С радиолокатори са снабдени корабите, самолетите, летищата, полицейските коли и т.н.

Чрез радиолокация се изследват също така телата от Слънчевата система - планети, спътници, комети, слънчевата корона. Поради огромните междупланетни разстояния за изучаване на небесните тела се използват мощни радиолокатори с много големи антени, както и радиолокатори, монтирани на космически апарати. Радиолокационните методи дават възможност много точно да се определят разстоянията до планетите, размерите на техните орбити, местоположението на изкуствените спътници и др.

Други приложения на микровълните

Сателитни радиовръзки

През 1945 г. Артур Кларк (известен писател - фантаст) предсказва, че геостационарните изкуствени спътници (това са спътници, които се въртят синхронно със Земята, поради което винаги се намират над една и съща точка от нейната повърхност) могат да се използват за далекосъобщения (телекомуникации). Днес спътниковите (сателитни) радиовръзки, които се осъществяват посредством микровълни, вече са реалност. Например само чрез един спътник могат едновременно да се предават десетки хиляди телефонни разговори или десетки телевизионни програми.

Използване на слънчевата енергия

Един от проектите за използване на слънчевата енергия предвижда тя да се събира от специални слънчеви колектори, разположени в космическото пространство. След това слънчевата енергия да се преобразува в енергия на микровълни, които да се насочват към приемната станция на земната повърхност. Тъй като Слънцето нагрива колектора непрекъснато, а микровълните (за разлика от светлината) достигат земната повърхност дори и при гъста облачност, реализирането на подобен проект би довело до по-ефективно използване на слънчевата енергия.