

## 440-4216: Radiokomunikační technika

Specifické vlastnosti jednotlivých frekvenčních pásem (šíření vln v EKV/SKV pásmech).

Šíření, odrazy pásem, prostředí, použití konkrétně, modely ITU, Pecháč, družicová kom.?, ISM na GHz, spektrum, spektrogram, mikrofon, základní pásmo, VF,

Způsob šíření elektromagnetického záření v praxi výrazně závisí na jeho vlnové délce.

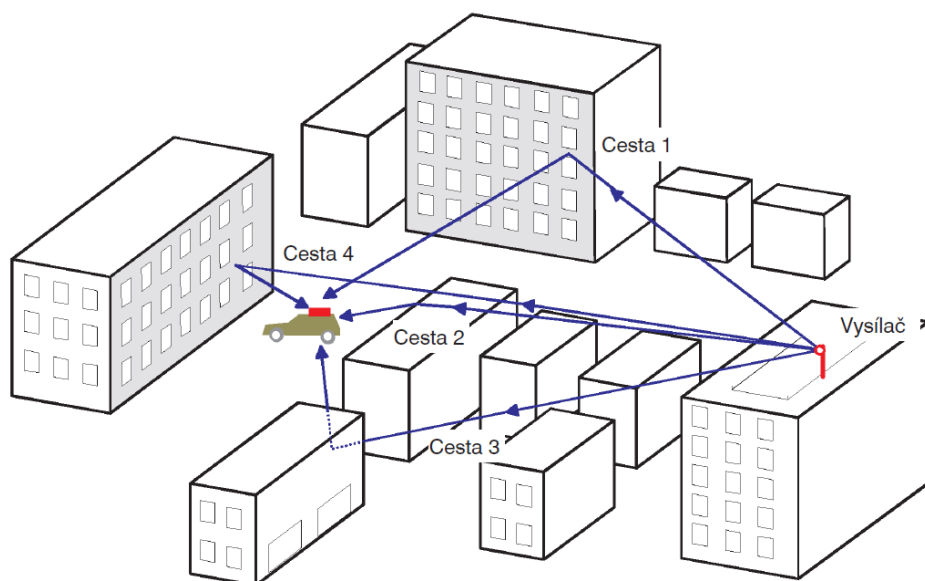
- **Dlouhé vlny DV** se používají **ke spojení na velké vzdálenosti**. Šíření dlouhých vln je poměrně stabilní a přenos není doprovázen náhlými změnami intenzity přijímaného signálu. Příjem signálů dlouhých vln je stálý, nezávislý na sluneční činnosti.
- Na **středních vlnách SV** se signál přenáší vlnami povrchovými i prostorovými. Setkají-li se v místě příjmu jak vlna přímá, tak vlna odražená, dojde k interferenci. Podle fázového posunu se buď obě vlny sečtou nebo odečtou.
- Vlivem velkého útlumu **krátkých vln KV** se povrchové vlny šíří pouze do vzdáleností ne větších než několik desítek kilometrů. Krátké vlny se šíří především prostorovými vlnami, které mohou zprostředkovat pomocí odrazů **spojení i na značné vzdálenosti**.
- **Velmi krátké vlny VKV** se zpravidla přenášejí pomocí přímých prostorových vln, nebo vln odražených od země a jiných překážek. Odrazy od ionosféry se téměř nevyskytují. K ohybu těchto vln podél zemského povrchu nedochází, takže jejich dosah je na přímou viditelnost mezi vysílací a přijímací anténou.

**Kratší vlny než VKV** se šíří výhradně na **přímou viditelnost**, jejich útlum lze pozorovat již při mlze a dešti. Každá pevná překážka způsobuje na těchto kmitočtech velmi vysoký útlum.

- **Ultra krátké vlny UKV** - frekvence 0,3 GHz - 3 GHz  
Název: z anglického **Ultra High Frequency UHF**  
Užití: Vysílají se na nich televizní kanály. Pracují zde i další radiokomunikační služby (mob.telefony, Wi-Fi, radiostanice bezpečnostních složek), radioreléové a kosmické spoje, radiolokace, radionavigace, telemetrie a dálkové ovladače.
- **Super krátké vlny SKV** - frekvence 3 GHz až 30 GHz  
Název: z anglického **Super high frequency SHF**  
Užití: radiolokace, radioreléové spoje, telekomunikace, satelitní spojení, měření pohybu a vzdálenosti různých objektů s širokým úhlem vyzařování snímače.
- **Extrémně krátké vlny EKV** - frekvence 30 GHz až 300 GHz  
Název: z anglického **Extremely high frequency EHF**  
Užití: přistávací a říční radiolokátory, letecké výškoměry, radary, měření pohybu a vzdálenosti různých objektů s úzkým paprskem vyzařování snímače na větší vzdálenosti.

Prochází-li **SKV** nebo **EKV** signál korunou jediného stromu v letním období, kdy je poset listy, a na podzim, kdy listí opadá, pak přidaný útlum signálu, způsobený samotným listím se pohybuje v desítkách dB.

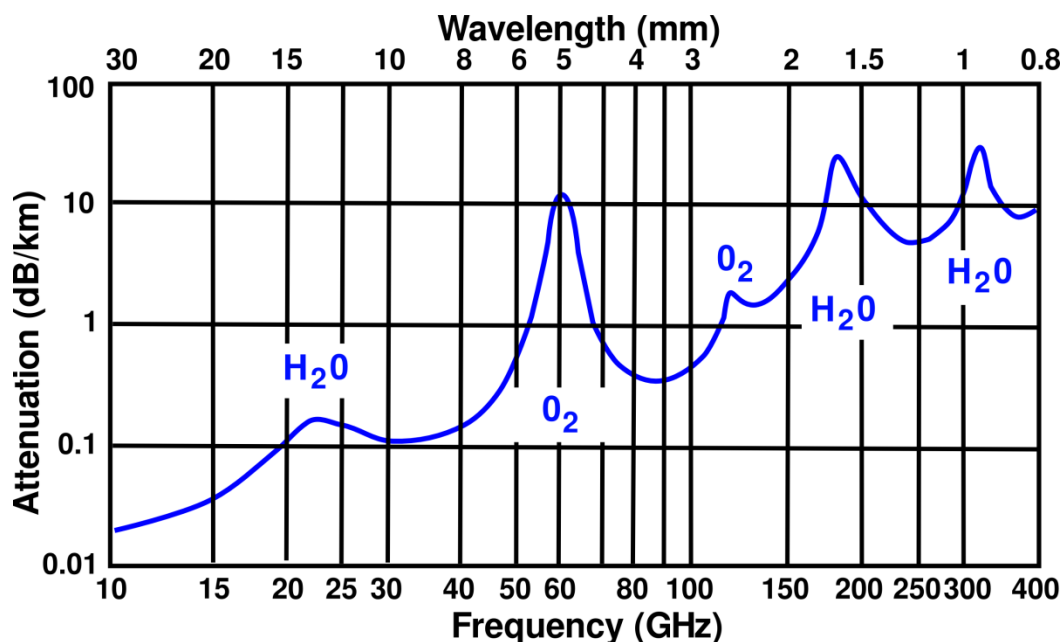
U **VKV** a všech kratších vln (**UKV**, **SKV**, **EKV**) se často používá šíření odrazem od ploché odrazové překážky, větší než je velikost vlny samotné. Běžně se vyskytuje odraz o stranu budovy, stranu vysokého kopce nebo kovovou konstrukci. Setkat se s nimi můžeme např. u analogové televize v podobě duchů nebo pro připojení WiFi internetu odrazem o vedlejší dům v případě, že v přímocečné trase spoje stojí pevná překážka, za kterou se paprsek WiFi signálu neohne. Existuje-li více tras, po kterých signál doletí od vysílače k přijímači, nazýváme tento jev vícecestné šíření. Speciálním případem rádiového spojení s odrazem je v radioamatérském provozu tzv. EME (Earth-Moon-Earth), tedy spojení odrazem o měsíc, kdy se neohebnou **VKV** vlnou jsme schopni spojit s protistanicí daleko za horizontem. Velmi dlouhá trasa tohoto typu spojení se projevuje velkým zpožděním přenášené zprávy. Vysílající strana po odvysílání zprávy uslyší konec své zprávy ze svého přijímače, zpožděné trasou k měsíci a zpět.



Příklad vícecestného šíření v zástavbě.

Pozor! Jednotlivé trasy jsou různě dlouhé. V přijímači se signály sčítají ve formě vektorů – sinusový signál z různých směrů dorazí do přijímače v různém čase. Má tedy různou fázi = signály se mohou v některých místech i dokonale odečíst. Mírným pohybem přijímače do různých směrů můžeme najít pozici, kde se naopak fáze sčítají. Pokud můžeme anténou pohnout libovolným směrem, je velmi pravděpodobné že nalezneme lokální maximum síly signálu ve vzdálenosti menší než je vlnová délka signálu od původní pozice antény.

**UKV** a kratší vlny (**SKV, EKV**) jsou ovlivňovány absorpčními vlastnostmi atomů plynů obsažených v atmosféře. Radiové vlny mohou působit na elektrony vnějších vrstev molekul a to především v případech, kdy se kmitočet vlny rovná vlastnímu kmitočtu vnitroatomových přechodů. Na těchto kmitočtech potom dochází k ostrému rezonančnímu pohlcení energie elektromagnetické vlny. Na kratší vzdálenosti (řádově km) je možné vliv atmosféry pro vlny s vlnovou délkou nad 10 cm zanedbat. Na těchto kmitočtech pracují radioreléové spoje.



Útlum atmosféry na vysokých kmitočtech

Pro výpočet pokrytí rádiovým signálem z vysílače se používá simulační software, např.:

- RadioLab – pro modelování terénu, využívá výškopisné mapy s nadmořskou výškou a výškami objektů (stromy, budovy, atd.)
- Radio Mobile – podobné jako RadioLab, ale zdarma
- I-Prop – pro modelování uvnitř budov, využívá místo map nákresy jednotlivých podlaží budov

Pro konkrétní výpočet pokrytí v namodelovaném prostředí software používá různé modely šíření založené na křivkách šíření. Modely jsou použitelné pro různá frekvenční pásma v rozsahu od 30 MHz do cca 3 GHz, modely FreeSpace a FreeSpace PP až do kmitočtů cca 65 GHz:

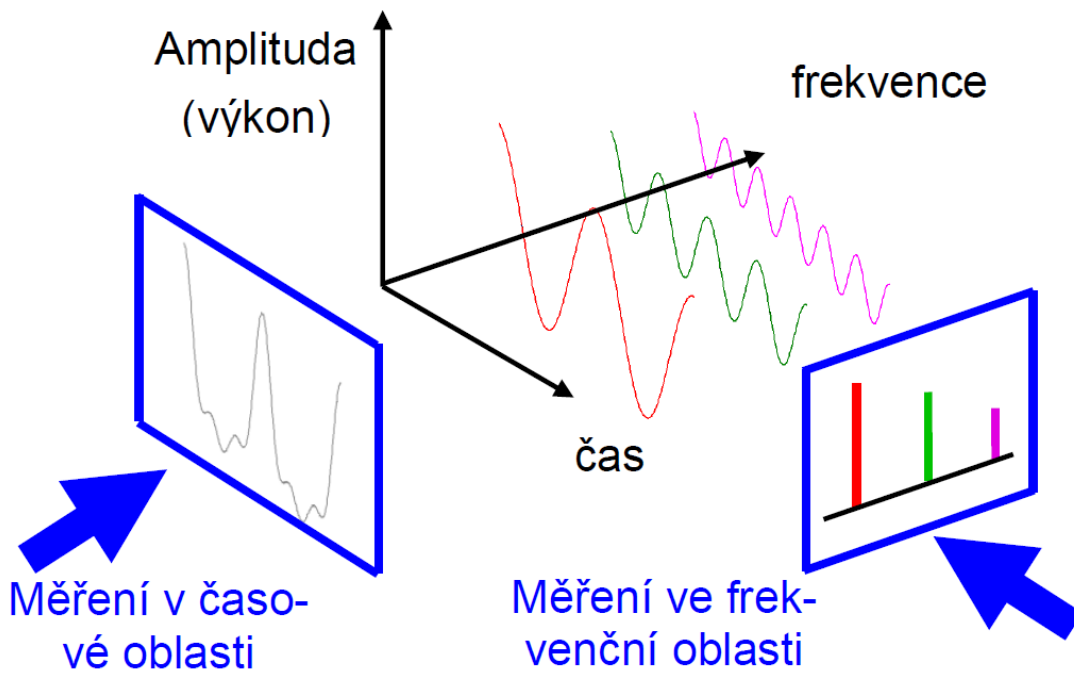
- ITU-R P.1546-3 (včetně korekcí CA)
- ITU-R P.1546-2 (včetně korekcí CA)
- ITU-R P.1546 (včetně korekcí CA, DH)
- ITU-R P.370-7 (včetně korekcí CA, DH)
- Okumura Hata
- Free space, Free space PP
- Vídeňská dohoda (HCM)
- Metoda RDK-2 (kombinovaná difrakční metoda vyvinutá v TESTCOM, neoficiální)

ISM pásma na vysokých kmitočtech:

24 GHz, 61 GHz, 122 GHz, 244 GHz

[http://www.ctu.cz/cs/download/oop/rok\\_2012/vo-r\\_10-04\\_2012-07.pdf](http://www.ctu.cz/cs/download/oop/rok_2012/vo-r_10-04_2012-07.pdf)

Frekvenční spektrum:



Vznik frekvenčního spektra

V zásadě existují dva způsoby, jak realizovat měření ve frekvenční doméně:

- analyzátory s využitím Fourierovy transformace
- analyzátory s laditelnými filtry

Složením všech signálů, zachycených měřicím přístrojem (mikrofon, anténa s přijímačem, seismický senzor, atd.), vznikne na výstupních svorkách přijímače spojitá úroveň značně proměnlivého signálu. Na osciloskopu se tento signál nepodobá žádnému známému elementárnímu tvaru signálu (sin, obdélník, atd.). Aplikací frekvenční analýzy je tento signál matematicky rozdělen na řadu sinusovek s přesně daným rozdílem kmitočtů každých dvou sousedních sinusovek v řadě. Délka každé sinusovky v řadě odpovídá délce zaznamenaného signálu. Výsledkem spektrální analýzy je řada skalárů, tj. řada hodnot průměrných amplitud jednotlivých sinusovek.

Ukázka s mikrofonem – základní pásmo, spektrum

Ukázka s USRP – VF, spektrum FM rozhlasu

Zjednodušená funkce spektrálního analyzátoru:

FFT a Rozmítaný

Spektrogram:

Jedná se o histogram spekter. Vznikne skládáním frekvenčních spekter za sebe v čase.

Ukázka s mikrofonem – základní pásmo, spektrogram

Ukázka s USRP – VF, spektrogram FM a data