

# Šíření rádiových vln v troposféře a ionosféře

M. Bilousov, T. Čihák, P. Král

SPŠ 2.C

## Abstrakt

Tento článek prezentuje vědeckou analýzu zabývající se problémem šíření rádiových vln, které řadíme do elektromagnetických vln, v troposféře a ionosféře. Troposféra, ale i ionosféra má na šíření rádiového signálu významný vliv. Těchto vlivů, ač by se mohly zdát negativní, využíváme k přenosu rádiového signálu na různé vzdálenosti.

**Klíčová slova** Ionosféra; troposféra; rádiové vlny; rádiový signál.

## 1 Úvod

Rádiové vlny se dnes využívají především ke komunikaci, ale i k jiným účelům v různých oblastech vědy a života, jako například k ohřevu jídla v mikrovlnné troubě. Princip šíření elektromagnetických vln poprvé matematicky popsal skotský všestranný teoretický fyzik James Clerk Maxwell již roku 1865. Čtyři základní rovnice, které zformuloval, se dnes nazývají *Maxwellovy rovnice*. Německý fyzik Heinrich Rudolf Hertz experimentálně ověřil tyto rovnice. Srbský vynálezce Nikola Tesla roku 1893 několikrát a na různých místech v USA demonstroval a vyučoval princip rádia a rádiových vln. Za vynálezce rádia se považuje Alexandr Stěpanovič Popov, který ke konci 19. století zkonstruoval první bezdrátovou telegrafní stanici. Vývoj technologie šíření rádiových vln se samozřejmě nezastavil ve 20. století a dnes již jsme na úplně jiné úrovni.

Elektromagnetickou vlnou nazýváme děj, při němž se prostorem šíří příčné vlnění elektrického a magnetického pole. Rádiové vlny (též rádiové záření) je část spektra elektromagnetického záření s vlnovými délkami od 1 mm až po tisíce kilometrů [1].

Rádiové vlny se rozdělují do pásem podle frekvence a vlnové délky. Šíření těchto vln bohužel není bezproblémové a mnoho negativního působení jej narušuje. V naší práci se budeme zabývat přirozenými poruchami, způsobenými troposférickou a ionosférickou vrstvou atmosféry.

## 2 Troposféra, ionosféra

Troposféra je nejnižší oblast zemské atmosféry a je zde obsažena převážná hmotnost atmosféry. Její horní hranice se nachází ve výšce 11 – 13 km, u rovníku až

18 km. Oproti ostatním atmosférickým vrstvám se v troposféře dějí větší teplotní proměny. To je způsobeno ohříváním vzduchu o zemský povrch, následně zde probíhá opakující se cirkulace chladnějšího a teplejšího vzduchu.

Ionosféra je v pořadí třetí vrstvou atmosféry. mezi ionosférou a troposférou leží stratosféra. Ionosféra je ionizovaná, vodivá a díky tomu se od ní odráží rádiové vlny. Vlny se odráží ovšem pouze za určitých podmínek. Spodní okraj ionosféry je velice proměnlivý, přes den se nachází ve výšce 60 km, zatímco v noci se pohybuje kolem hranice 150 km.

### 3 Šíření rádiových vln

Nejjednodušší způsob šíření je přímé šíření, při kterém vysílač vysílá přímo na přijmač. Tato metoda je využitelná jen na krátké vzdálenosti a je nutné, aby v cestě signálu nebyly žádné překážky, tedy je nutná přímá viditelnost. Využívá se například u wi-fi apod.

Další možností je povrchové šíření rádiové vlny. Jedná se o šíření podél povrchu Země. Je citlivé a snadno ovlivnitelné atmosférou nebo průmyslovými, elektrizačními poruchami. Vhodné pro delší vzdálenosti (až 100 km). Vždy se šíří se ztrátami, které způsobuje příliš vlhká nebo suchá půda.

Prostorová rádiová vlna je složená z rádiové vlny přímé a rádiové vlny odražené od ionosféry. Přijmač obdrží jejich součet nebo rozdíl. Jak tyto vlny využijeme závisí na vlnové délce a aktuálním stavu ionosféry.

$$c = f\lambda,$$

kde  $c$  je rychlost světla,  $f$  je kmitočet vlny a  $\lambda$  je vlnová délka.

### 4 Šíření rádiových vln vlivem rozptylu v troposféře

Tohoto jevu využíváme především při přenosu na vyšších kmitočtových pásmech, na vzdálenosti obvykle od 100 m do 500 m, ale teoreticky je možné přenášet signál až 1500 m daleko. Takže se vzdálenost přenosu pohybuje řádově ve stovkách metrů a v kmitočtovém pásmu jednotek GHz. Šíření signálu v troposféře doprovází tři základní jevy:

1. Zakřivení trajektorie vlny.
2. Odraz a rozptyl rádiových vln.
3. Útlum rádiové vlny.

Při šíření rádiových vln platí Snellův zákon (zákon lomu) a troposféra je nehomogenní prostředí. K přenosu se využívají směrové parabolické antény.

### 5 Šíření rádiových vln vlivem odrazu od ionosféry

Šíření využívající jednoho nebo několika odrazů od ionosféry a zemského povrchu. Tato metoda umožňuje přenos signálu na ohromné vzdálenosti, klidně

na opačnou polokouli Země. Ionosféra je rozvrstvená do několika vrstev, které se různě využívají.

Nejnižší je vrstva D, zhruba ve výšce 50 – 90 km. Tato vrstva je zodpovědná za útlum v pásmu vysokých frekvencí během dne. V noci se příjem na těchto frekvencích zlepšuje, což je zapříčiněno absencí UV záření, které tuto vrstvu vytváří. Rádiové vlny o nízkém kmitočtu do 5 MHz v této vrstvě zcela zanikají. Vlny s vyšším kmitočtem se sice odráží, ale obvykle pod ostrými úhly.

Další je vrstva E. Následuje po vrstvě D a její tloušťka je zhruba 60 km nicméně nejvýznamnější část je prvních 20 km. Tato vrstva existuje, stejně jako vrstva D, pouze ve dne.

Pro odraz rádiových vln je nejdůležitější vrstva F, která existuje i v noci, neboť její tvorbu zajišťuje krom UV záření také proud energetických částí z vesmíru.

## 6 Problémy šíření rádiového signálu

Přirozené, elektrizační a průmyslové problémy (poruchy). Přirozené poruchy jsou takové poruchy, které člověk nemůže ovlivnit, tj. bouřky, kosmická tělesa atd. Elektrizační poruchy jsou takové, které svojí elektrizací ovlivňují elektromagnetický signál, tj. písečné bouře, sněh, atd. Průmyslové poruchy jsou naopak poruchy, které zapříčinil člověk. Další problém může nastat, když se dva vysílače ruší. Tato porucha může nastat například v momentě, kdy jsou vysílače blízko sebe.

## 7 Závěr

Svět bez rádiových vln bychom si asi nedokázali dnes představit. Je to technologie hojně využívaná a problémy s přenosem v troposféře jsou podle mého názoru a názoru mých kolegů opravdu těžko řešitelné nebo neřešitelné.

## Poděkování

Chtěli bychom poděkovat Fakultě elektrotechnické ČVUT v Praze za příležitost vyzkoušet si napsat vlastní populární článek a možnost odprezentování doprovodné prezentace a za odborné zhodnocení.

## Reference

- [1] Webová definice: Wikipedia, The Free Encyclopedia.  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1diov%C3%A9\\_vlny](http://cs.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1diov%C3%A9_vlny),  
[http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9\\_vlny](http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetick%C3%A9_vlny)