

Radio, Krótkofalarstwo — fale radiowe

cz. 1/2

23 lipca 2016, 00:44

UDOSTĘPNIJ

Na wstępie chciałbym przeprosić za opóźnienie w publikacji tego wpisu. Dopiero teraz mam czas na dokończenie tego, co zacząłem w ubiegłe wakacje.

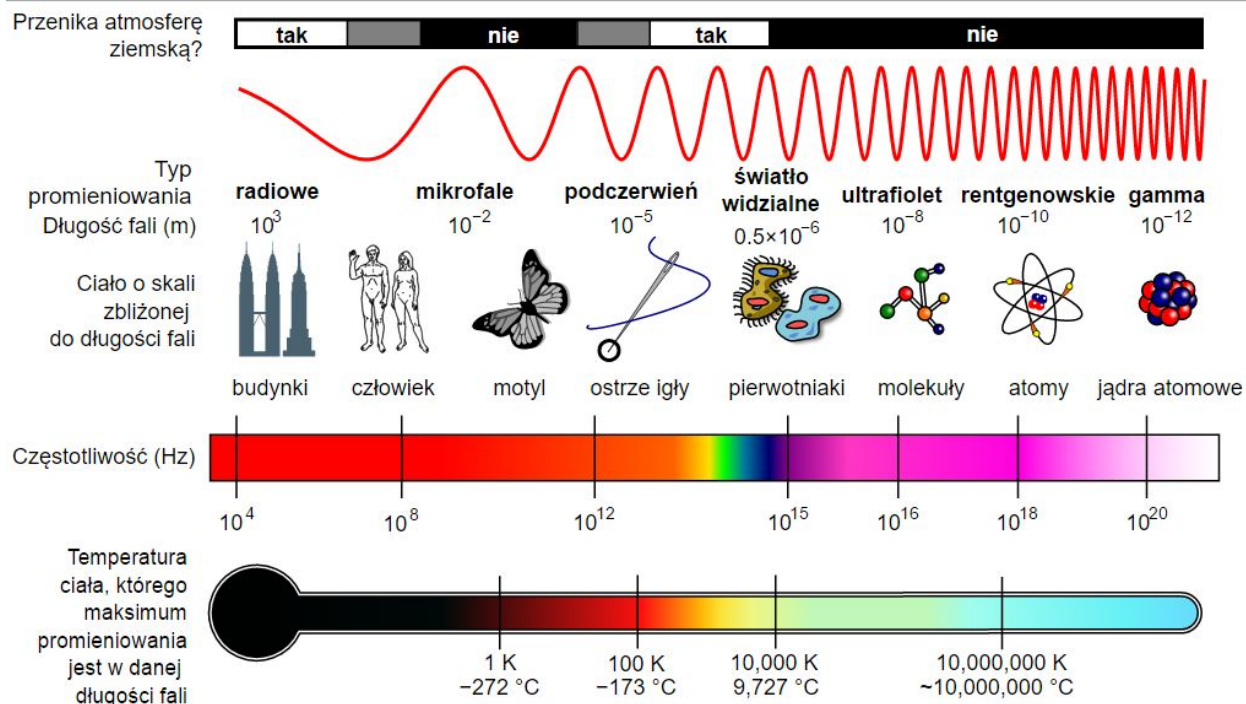
W [pierwszej części](#) serii opisałem historię odkryć i eksperymentów z falami radiowymi, panów Hertza, Tesli i Marconiego, początków wykorzystywania tego zjawiska oraz zasady działania pierwszych odbiorników i nadajników radiowych.

W [drugiej części](#) skupiłem się na krótkofalarstwie - hobby wykorzystywania fal radiowych, satelitów radioamatorskich, stacji kosmicznych i zjawisk atmosferycznych do zapewnienia jak najdalszych łączności, budowy własnych radioodbiorników i nadajników, satelitów, przemienników i balonów near-space.

Pamiętacie jeszcze Sama, prawda?

W tym i kolejnym wpisie postaram się opisać sposób propagacji fal radiowych o różnych częstotliwościach, a także ciekawsze zastosowania różnych pasm radiowych. Postaram się też wyjaśnić czym są fale radiowe oraz jak przy ich pomocy przesyłany jest dźwięk i inne dane.

Widmo



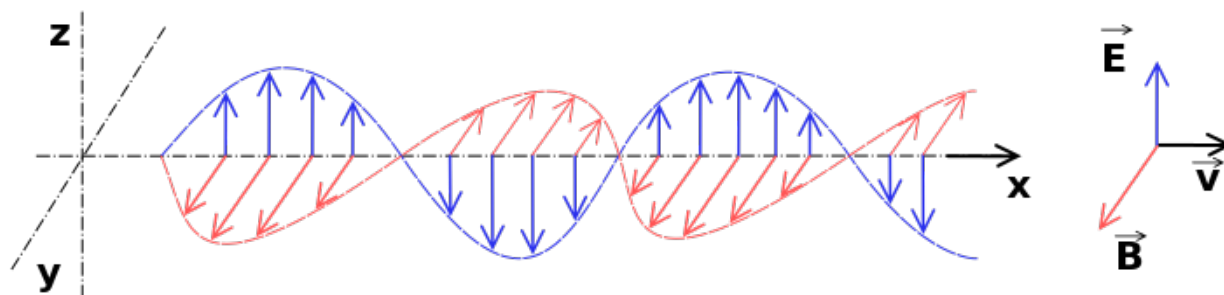
Powyższa ilustracja przedstawia spektrum fal elektromagnetycznych lub inaczej ich widmo. Znajdują się tam różne zakresy fal takie jak fale radiowe, mikrofałe, podczerwień, światło widzialne czy promienie rentgenowskie. Pewnie każdy z czytelników widział już ten obrazek nie

raz. Każde z tych pasm ma swoje własne unikalne charakterystyki. Część z nich może przykładowo przebijać naszą atmosferę, część jest przez nią pochłaniana (co oznacza że atmosfera jest dla tych fal "czarna"), a dla jeszcze innych fal, atmosfera może przypominać lustro i odbijać je.

No dobra, ale czym w zasadzie są te fale?

Załóżmy że przez przewodnik - np. prosty miedziany drut, przepływa prąd elektryczny o stałym napięciu 20V. W chwili gdy napięcie to ulega zmianie np. na odwrotne (-20V), prąd zaczyna płynąć w przeciwnym kierunku, a w okolicy przewodnika chwilowo zaburzone zostaje pole magnetyczne. To samo dzieje się gdy przepływ prądu zostaje przerwany - np. po przecięciu kabla.

Jeśli to zdarzenie ma miejsce określoną ilość razy w ciągu sekundy, a kolejne powtórzenia następują w równych odstępach czasowych, generujemy fale elektromagnetyczną o częstotliwości równej ilości takich zdarzeń w ciągu sekundy. Przykładowo dla wygenerowanie fali o częstotliwości 20 MHz, należało by powtarzać taką zmianę 40 milionów razy w ciągu sekundy, np. 40 milionów razy odwracając napięcie lub przerywając przepływ prądu. 40, a nie 20, dlatego że pełny okres fali to zmiana i powrót na pozycję wyjściową, czyli ponowna zmiana. Najczęściej do generowania fal elektromagnetycznych stosuje się prąd przemienny o napięciu przyjmującym, w czasie, kształt sinusoidy i regularnie przechodzącym przez "zero" (np od 20V do -20V). Jest to najlepsze rozwiązanie gdyż nie powstają wtedy fale o częstotliwościach harmonicznych śmiejące w eterze (szereg Fouriera, wyjaśnienie w 7. komentarzu).



Fala elektromagnetyczna

Wracając do spektrum...

Im wyższa częstotliwość tym więcej pasma możemy wokół niej zająć. Przykładowo jeśli sygnał zajmuje pasmo 200 kHz i umieścimy go wokół fali nośnej 1500 kHz to zajmie on częstotliwości od 1400 do 1600 kHz. Stracimy w ten sposób znaczną część pasma. Jeśli natomiast nasz szeroki na 200 kHz sygnał umieścimy w zakresie mikrofal, powiedzmy 5 GHz, to zajmie on znikomą część spektrum - od 4,9999 do 5,0001 GHz. Większa szerokość pasma przekłada się bezpośrednio na większą ilość bitów które będziemy w stanie przesłać w ciągu sekundy w przypadku sygnału cyfrowego. Dlatego niskie częstotliwości (a zarazem, fale o większej długości) nie nadają się do transmisji cyfrowej. Wymusza to także stosowanie modulacji o mniejszej zajętości pasma dla sygnałów analogowych, a to skutkuje niską jakością dźwięku.

Do modulacji wrócę jeszcze w kolejnym wpisie.

Fale radiowe bardzo długie, długie i średnie

Fale bardzo długie (VLF - Very Low Frequency, 3-30 kHz, 100-10 km), długie (LF - Low Frequency, 30-300 kHz, 10-1 km) i średnie (Medium Frequency, 300-3000 kHz, 1000-100 m) mogą z łatwością pokonywać duże odległości. Budynki i ukształtowanie terenu nie stanowi dla nich przeszkody. Przenikają one ściany i uginają się, podążając za krzywizną ziemi. Taką falę powierzchniową, w zależności od częstotliwości, możemy odebrać nawet tysiące kilometrów dalej. Fale te są z natury wielokierunkowe i nie można ich skupiać przy pomocy anten kierunkowych. Wymagają stosowania ogromnych anten nadawczych, których długości w najbardziej skrajnych przypadkach wynoszą nawet połowę długości tych fal, a więc sięgają nawet dziesiątek kilometrów.

Fale bardzo długie mają niemal globalny zasięg i są zdolne do przenikania wody. Większość fal w pozostałych zakresach jest przez wodę odbijana. Uniemożliwia to komunikację pod wodą, ale poprawia zasięg na powierzchni (odbicie od tafli wody). Fale bardzo długie wykorzystywane są przez wojsko do komunikacji z łodziami podwodnymi oraz do globalnej nawigacji. Tak! Przed GPS-em istniały podobne systemy pozycjonowania o zasięgu globalnym, wcale nie wymagające do działania satelitów. System OMEGA składał się z ośmiu nadajników umieszczonych na powierzchni Ziemi i umożliwiał ustalanie pozycji z dokładnością do jednej mili morskiej, czyli około 2 km. Z takich rozwiązań korzystano głównie na statkach. Do dziś pozostaje w użyciu Rosyjski odpowiednik systemu Omega - RSDN-20. Warto zauważyć że całkowite pasmo tych fal to 27 kHz. Nie wystarczyło by ono nawet na jedną stację radiową UKF FM (np. RMF FM). Jest to też szerokość odpowiadająca 1/740 pojedynczego kanału WiFi.



Jeden z nadajników systemu Omega

W zakresie fal długich i średnich, fale nie mogą już przenikać wody. Nadal jednak największe znaczenie dla propagacji nadawanego sygnału ma fala powierzchniowa. W porównaniu z falami bardzo długimi, jej zasięg jest jednak znacznie niższy. Fale te są wykorzystywane głównie do radiodyfuzji (ang. broadcasting), czyli transmisji radia programowego, takiego jak choćby Program Pierwszy Polskiego Radia. Na falach długich, z uwagi na większy zasięg, nadawane są programy ogólnokrajowe. Na falach średnich, programy o zasięgu lokalnym. Listę takich lokalnych stacji możemy znaleźć pod [tym](#) linkiem.

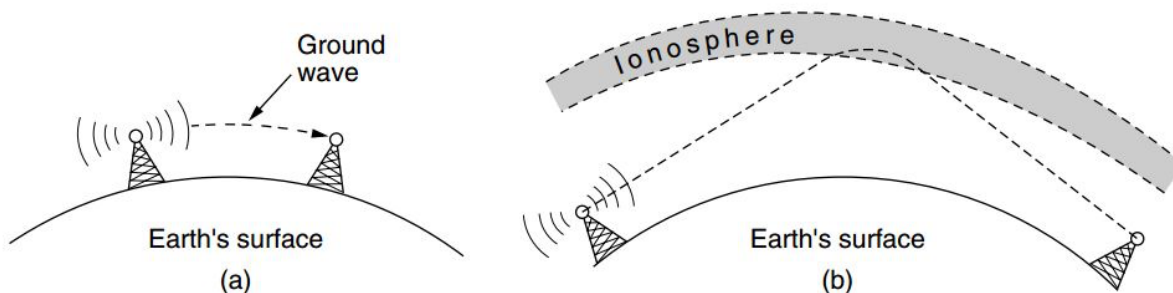
Fale krótkie



Zdjęcia autorstwa PD0AC

Fale krótkie (High Frequency, 3-30 MHz, 10-100 m) nie uginają się tak bardzo jak fale długie i średnie, jednak zaczyna tutaj występować zjawisko odbić od przeszkód oraz zjonizowanych warstw atmosfery. W zasadzie, zjawisko to występuje już i przy falach bardzo długich, ale nie odgrywa znaczącej roli w transmisji sygnału. Z uwagi na uginanie się fal w mniejszym stopniu, komunikacja z wykorzystaniem fali powierzchniowej nie jest już tak efektywna.

Pasmo to umożliwia komunikację na dalekie odległości (DX-y), ze stosunkowo małymi mocami i z wykorzystaniem małych anten, jednak aby taka łączność mogła się odbyć, należy wykorzystać odbicia i znać zachowanie fal. Z tego względu fale krótkie mają największe zastosowanie w krótkofalarstwie i nie są powszechnie wykorzystywane do transmisji radia programowego.



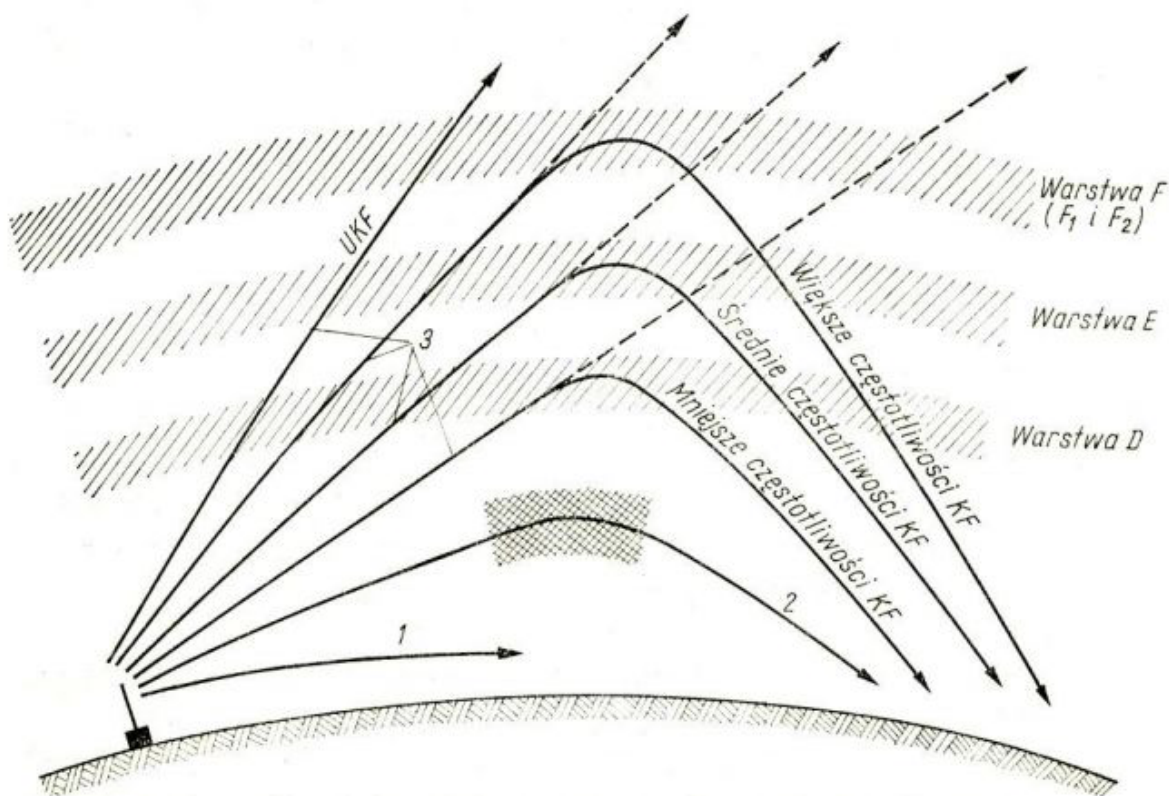
Fala powierzchniowa i odbita

Fala w zakresie fal krótkich może nawet kilkukrotnie odbić się od atmosfery i powierzchni ziemi (np. oceanu) aby powrócić do odbiorcy na innym kontynencie. W miejscach w których fala nie odbija się od Ziemi, sygnał nie będzie słyszalny na jej powierzchni.

Warunki propagacji fal krótkich nie są stałe. Zmieniają się w zależności od aktywności słońca, pory dnia i roku, a także warunków pogodowych. Jednego dnia, warunki do nawiązywania

łącności z Polski do Brazylii są świetne i doskonale słyszymy tamtejsze stacje, a następnego komunikacja może być już całkowicie niemożliwa. Usłyszeć możemy natomiast krótkofalowców z Alaski lub innego odległego miejsca.

Co jedenaście lat, dzięki zwiększonej aktywności słońca, mającej wpływ na wielkość warstw jonosfery w których zginają się i odbijają fale krótkie, propagacja tych fal polepsza się. Fale mogą wtedy wykonać większą ilość odbić, a dzięki temu, nasz sygnał zyskuje większy zasięg.



Odbicia w różnych warstwach jonosfery

Ponieważ fale o różnych częstotliwościach odbijają się od innych warstw jonosfery, a te pojawiają się i są aktywne o różnych porach roku i dnia, każde z pasm krótkofalarskich składające się na fale krótkie, ma swoją unikalną charakterystykę propagacji opisaną poniżej. Opis pasm zaczerpnięty został z książki pt. "ABC Krótkofalowca", autorstwa Krzysztofa Słomczyńskiego SP5HS.

[list] [item]Pasma 160m (1810-2000 kHz): w porze dziennej tylko łączności lokalne, w porze nocnej możliwe łączności z całą Europą, a przy sprzyjających warunkach (szczególnie przed świtem) łączności międzykontynentalne.[/item][item]Pasma 80m (3500-3800 kHz): w porze dziennej pewna łączność ze stacjami polskimi i bliższymi krajami Europy, w porze nocnej zasięg zmienny, możliwe nawiązywanie łączności w zasięgu kilku tysięcy kilometrów, szczególnie w zimie.[/item][item]Pasma 40m (7000-7200 kHz): właściwości zbliżone, takie jak dla pasma 80m lecz maksymalne zasięgi znacznie większe.[/item][item]Pasma 20m (14000-14350 kHz): w porze dziennej najlepsze pasmo do pracy międzykontynentalnej (DX), przydatne na krótkie dystanse, w porze nocnej nadaje się do pracy DX-owej tylko w niektórych okresach

roku.[/item][item]Pasma 10m (28000-29700 kHz): w porze dziennej sporadycznie zapewnia lepsze warunki łączności DX-owych niż pasmo 20m. Silnie zależne od stanu jonosfery. W porze nocnej przydatne jedynie do lokalnej łączności na fali przyziemnej.[/item][list]

Powyższa lista nie obejmuje wszystkich pasm amatorskich. Część z nich została przydzielona już po wydaniu wymiennej książki, są to jednak pasma ulokowane pomiędzy wymienionymi i mają one zbliżone charakterystyki.

Na falach krótkich, poza krótkofalowcami, czasem usłyszeć można też tajemnicze transmisje, w których spiker przez kilka minut odczytuje długą serię cyfr, po czym przestaje nadawać. Najprawdopodobniej są to zaszyfrowane komunikaty dla szpiegów. Dotychczas tylko rząd Republiki Czeskiej potwierdził wykorzystywanie takich "stacji numerycznych" w trakcie wojny. Niedawno odkryto lokalizację nadajnika polskiej stacji numerycznej. Więcej na ten temat w serwisie [Zaufana Trzecia Strona](#).

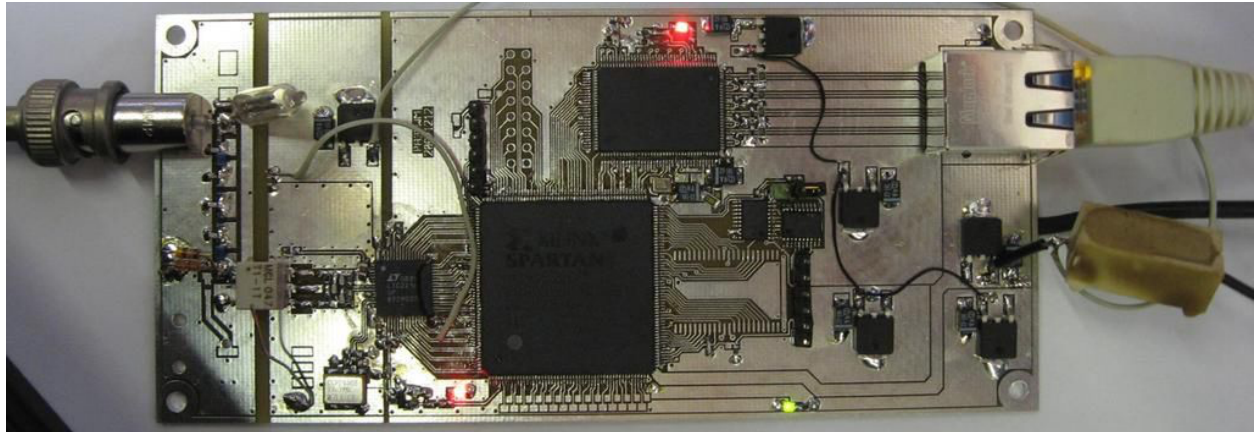


Nadajniki stacji numerycznej Lincolnshire Poacher

Nasłuchem takich transmisji zajmuje się projekt priyom.org. Autorzy strony przygotowują także terminarz spodziewanych transmisji, wraz z nazwą stacji, częstotliwością, używaną modulacją i godziną transmisji.

W zakresie fal krótkich znajduje się też pasmo CB radia (26 960 - 27 410 kHz). Ma ono podobną charakterystykę jak, opisane wyżej, krótkofalarskie pasmo 10m.

WebSDR



Jeden z odbiorników WebSDR bazujący na układzie FPGA/CPLD Xilinx Spartan

Pewnie chcielibyście już posłuchać jakiś transmisji?

Na całym świecie znajdują się odbiorniki fal długich, średnich i krótkich, a także wyższych zakresów częstotliwości, odbierające szeroki zakres częstotliwości na raz i umożliwiające odsłuch odbieranych sygnałów przez przeglądarkę Internetową. Są to tak zwane WebSDR-y. Większość z nich pracuje pod kontrolą podobnego oprogramowania pozwalającego na wybór częstotliwości, modulacji, a także prezentującego graficznie widmo odbieranego sygnału w formie "waterfalla". Często wyposażone są one dodatkowo w funkcję czatu, pozwalającego na rozmowę z innymi słuchającymi.

Pod [tym linkiem](#) znajduje się największy, znany mi, katalog WebSDR-ów posortowany pod względem odbieranych pasm i lokalizacji.

Gdyby ktoś szukał, Program Pierwszy Polskiego Radia nadawany jest na częstotliwości 225 kHz z modulacją AM.

Bibliografia:

- Krzysztof Słomczyński SP5HS - ABC krótkofalowca
- Andrew S. Tanenbaum - Computer Networks
- Seria filmów popularnonaukowych "Cosmos, a spacetime odyssey"
- Wikipedia