

CU

Elementarz krótkofalowca

Fale krótkie. Podział pasma. Propagacja

Przygotowanie:

Klub Krótkofalowców PZK LAB-EL HF5L
<https://hf5l.pl/>

Wirtualny Oddział Terenowy PZK (OT-73)
<https://ot73.pzk.org.pl/>



Autorzy:

Tomasz Barbachowski SP5UAF

Ostatnia aktualizacja:

2021-01-19

Wkroczyłeś przed chwilą w świat amatorskiego radia albo właśnie zamierzasz zrobić ten krok. Wiesz już zapewne, że krótkofalowcy mogą używać ściśle określonych zakresów częstotliwości (nazywamy to pasmami amatorskimi), a dodatkowo każdy z tych zakresów ma swój szczegółowy podział. To wszystko określa się w amatorskim radiu terminem: **bandplan**. Określenie pochodzi oczywiście z języka angielskiego. Po polsku moglibyśmy powiedzieć: **plan pasm** albo **porządek pasm**. Rzeczywiście: **bandplan** jest dla krótkofalowca tym samym, czym przepisy o ruchu drogowym dla kierowców samochodów. Porządkuje i organizuje naszą pracę na pasmach w aspekcie krajowym i międzynarodowym.

OK, znasz bandplan. Pracujesz aktywnie na pasmach lub dużo słuchasz. Zauważyłeś już może, że od późnych godzin popołudniowych w paśmie 80 metrów dobrze słychać stacje polskie i taki stan utrzymuje się do wieczora, a późnym wieczorem zaczynają być dobrze słyszalne stacje z innych krajów europejskich. Prawdopodobnie dostrzegłeś już, że na innych pasmach także następują dynamiczne zmiany propagacji w ciągu dnia i że na każdym z pasm te zmiany są nieco inne. Niektóre pasma są aktywne w nocy, inne w ciągu dnia. Niektóre wydają się sprzyjać dalekim łącznościom, podczas gdy inne są lepsze dla łączności lokalnych. Zapewne zwróciło twoją uwagę, że zmiany zachowania pasm są cykliczne i w pewnym stopniu powtarzalne.

Rzeczywiście. Zachowanie pasm fal krótkich wpisuje się w pewne schematy, choć ich zrozumienie może być niezłą łamigłówką. Wszystkiemu jest winna **jonosfera**. Jest to jedna z warstw atmosfery ziemskiej. Zanim jednak przyjrzymy się szczegółowo jonosferze, poznamy lepiej pojęcie **fal krótkich**.

Fale krótkie czyli które?

W terminologii opisującej zakresy fal radiowych (wykorzystywanej także w krótkofalarstwie) spotykamy się ze skrótowymi nazwami poszczególnych przedziałów częstotliwości. Najczęściej używane i spotykane skróty to HF, VHF oraz UHF. Każde z takich określeń oznacza pewien zakres fal radiowych. Zakres fal krótkich oznaczamy skrótem HF (od **High Frequency**), a w polskiej literaturze często spotykamy spolszczony termin **KF**. Mówimy więc: **pracowałem na KFie** albo **wczoraj na KFie były super warunki** itd.

W naszym hobby zwyczajowo przyjęło się, że określenie fale krótkie odnosi się do pasm amatorskich z zakresu od 160 m do 10 m. Tymczasem pasmo 160 metrów w rzeczywistości mieści się w zakresie fal średnich, a pasmo 80 metrów znajduje się faktycznie na granicy fal średnich i krótkich. Warto o tym pamiętać, choć dla uproszczenia i wygody najczęściej mówimy o falach krótkich mając na myśli

©Klub Krótkofalowców PZK LAB-EL HF5L
Warszawa 2021

Opracowanie niniejsze może być rozpowszechniane i kopiowane na zasadach niekomercyjnych w dowolnej postaci (elektronicznej, drukowanej itp.) i na dowolnych nośnikach lub w sieciach komputerowych pod warunkiem nie dokonywania w nim żadnych zmian i nie usuwania nazwiska autorów.

Na tych samych warunkach dozwolone jest tłumaczenie na języki obce i rozpowszechnianie na innych zasadach konieczne jest uzyskanie pisemnej zgody autorów.

wszystkie pasma amatorskie od 160 m do 10 m włącznie. Umieszczona obok tabela wyjaśnia nieco te zagadnienia, jednocześnie prezentując odpowiadające im częstotliwości i długości fali.

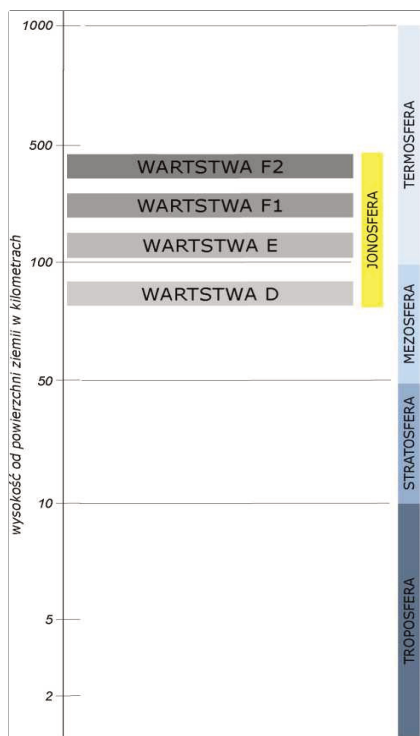
Warto zauważyć, że w krótkofalarstwie stosujemy pewne uproszczenia. Na przykład mówimy o paśmie 20 metrów, mając na myśli zakres od 14 do 14,3 MHz. Tymczasem jeśli obliczymy dokładną długość fali dla częstotliwości z tego zakresu, będą to wielkości rzędu 21 metrów. Jednak wygodniej nam mówić o 20 metrach. To dobrze brzmi: **pracowałem na dwudziestce**. Gdyby trzeba było powiedzieć: **pracowałem na dwudziestce jedynie** - cóż, to już by nie było tak wygodne. Podobne uproszczenia dotyczą innych pasm.

Warto pobrać sobie na dysk broszurę "[Frequency Nomenclature](#)" ze strony **Microwaves@RF**. Zawartość tej broszury posłużyła do przygotowania zaprezentowanej tabeli. Oryginalny materiał zawiera wiele więcej przydatnych informacji. Warto je mieć pod ręką. Przydają się przede wszystkim na początku krótkofalarskiej przygody. Z czasem wszystkie te wiadomości stają się naszą codziennością.

Jo... Jono... Jonosfera... Co to takiego?

Wśród nas, radioamatorów, są ludzie różnych profesji, o różnych zainteresowaniach, różnych kierunkach wykształcenia itd. To jedna z fantastycznych cech tego hobby. łączy zupełnie różnych ludzi - ważna jest tylko radiowa pasja.

Nie zmienia to faktu, że dla osób o zamiłowaniu humanistycznym czy o humanistycznym wykształceniu mogą być trudne do zrozumienia niektóre terminy spotykane w krótkofalarstwie, a wywodzące się często z fizyki. Podstawowy zasób wiedzy otrzymujemy już w szkole podstawowej czy średniej, ale wiele z tych informacji zacierają się w pamięci. Musimy sobie zatem przypomnieć niektóre wiadomości. Chodzi o wiedzę, dotyczącą atmosfery ziemskiej.



Właściwości atmosfery zmieniają się wraz z wysokością (odległością od powierzchni ziemi). Szczegółowe badania pozwoliły na wyróżnienie w atmosferze kilku warstw o podobnych właściwościach fizycznych. Schematycznie przedstawiono je na poniższej ilustracji.

Oczywiście granice zaznaczone pomiędzy poszczególnymi warstwami to pewien schemat. W rzeczywistości w atmosferze nie ma takich wyraźnych granic. Zmiany właściwości atmosfery postępują stopniowo - wraz ze wzrostem wysokości.

Jak widać, jonosfera - kluczowa dla propagacji fal radiowych na falach krótkich - jest obszarem znajdującym się na wysokości od około 60-70 kilometrów do 500 kilometrów (czasem nawet do około 600). Nazwa tej warstwy bierze swoją nazwę od tego, że na tych wysokościach promieniowanie słoneczne, głównie ultrafioletowe, powoduje silną jonizację cząsteczek.

Proces jonizacji absorbuje większość energii promieniowania słonecznego, która w przeciwnym wypadku docierałaby do ziemi, praktycznie uniemożliwiając życie na naszej planecie. Proces jonizacji powoduje także to, że atmosfera na tych wysokościach zyskuje zdolność odbijania fal radiowych. Dzieje się tak, ponieważ energia promieniowania słonecznego "atakuje" obojętne elektrycznie atomy, wytrącając z nich elektrony i tym samym powodując powstawanie jonów.

To oczywiście daleko uproszczony opis jonizacji, ale pozostawmy go na tym poziomie. Nie tworzymy podręcznika fizyki. Procesy zachodzące w jonosferze, umożliwiające nawiązywanie dalekich łączności, to zagadnienie bardzo złożone. Nie chcemy tutaj przytaczać obszernych teorii ani wzorów - chodzi nam raczej o zrozumienie pewnych zjawisk na podstawowym poziomie.

	A	B
VLF (Very Low Frequency)	2 kHz	100 km
	6 kHz	50 km
	9 kHz	33,3 km
	12 kHz	25 km
	15 kHz	20 km
	18 kHz	16,7 km
	21 kHz	14,3 km
	24 kHz	12,5 km
	27 kHz	11,1 km
LF (Low Frequency)	30 kHz	10 km
	60 kHz	5 km
	90 kHz	3,33 km
	120 kHz	2,5 km
	150 kHz	2 km
	180 kHz	1,67 km
	210 kHz	1,43 km
	250 kHz	1,25 km
	270 kHz	1,11 km
	300 kHz	1 km
MF (Medium Frequency)	600 kHz	500 m
	900 kHz	333 m
	1200 kHz	250 m
	1500 kHz	200 m
	1800 kHz	167 m
	2100 kHz	143 m
	2400 kHz	125 m
	2700 kHz	111 m
HF (High Frequency)	3000 kHz	100 m
	6 MHz	50 m
	9 MHz	33,3 m
	12 MHz	25 m
	15 MHz	20 m
	18 MHz	16,7 m
	21 MHz	14,3 m
	24 MHz	12,5 m
	27 MHz	11,1 m
	30 MHz	10 m
VHF (Very High Frequency)	60 MHz	5 m
	90 MHz	3,33 m
	120 MHz	2,5 m
	150 MHz	2 m
	180 MHz	1,67 m
	210 MHz	1,43 m
	240 MHz	1,25 m
	270 MHz	1,11 m
300 MHz	1 m	

	A	B
UHF (Ultra Low Frequency)	600 MHz	530 mm
	900 MHz	333 mm
	1200 MHz	250 mm
	1500 MHz	200 mm
	1800 MHz	167 mm
	2100 MHz	143 mm
	2400 MHz	125 mm
	2700 MHz	111 mm
	3000 MHz	100 mm
	SHF (Super High Frequency)	6 GHz
9 GHz		33,3 mm
12 GHz		25 mm
15 GHz		20 mm
18 GHz		16,7 mm
21 GHz		14,3 mm
24 GHz		12,5 mm
27 GHz		11,1 mm
30 GHz		10 mm
EHF (Extremely High Frequency)		60 GHz
	90 GHz	3,33 mm
	120 GHz	2,5 mm
	150 GHz	2 mm
	180 GHz	1,67 mm
	210 GHz	1,43 mm
	240 GHz	1,25 mm
	270 GHz	1,11 mm
THF-FIR (Tremendously High Frequency - Far Infrared)	300 GHz	1 mm
	600 GHz	500 μm
	900 GHz	333 μm
	1200 GHz	250 μm
	1500 GHz	200 μm
	1800 GHz	167 μm
	2100 GHz	143 μm
	2400 GHz	125 μm
2700 GHz	111 μm	
3000 GHz	100 μm	

Warstwy jonosfery. Poznajmy je nieco bliżej...

W dolnym obszarze jonosfery ciśnienie powietrza wynosi około jedną tysięczną normalnego ciśnienia na powierzchni planety. W górnym obszarze tej warstwy jest o kilka rzędów wielkości niższe. To sprawia, że poszczególne zakresy i rodzaje promieniowania słonecznego mają zróżnicowany wpływ na zachowanie jonosfery na jej różnych wysokościach.

Obserwacje zjawiska odbijania fal radiowych od jonosfery pozwoliły na zidentyfikowanie kilku jej warstw o podobnych właściwościach. Te warstwy są oznaczone symbolami literowymi: od najniższej warstwy D, poprzez E, do warstwy F.

Warstwa D, znajdująca się na wysokości od 60 do 90 kilometrów, jest najsilniejsza w ciągu dnia i zwykle absorbuje sygnały radiowe. Ponadto ma zdolność absorbowania fal na niższych częstotliwościach w znacznie większym stopniu niż częstotliwości wyższych. To właśnie warstwa D sprawia, że pasma 160 i 80 metrów milczą w ciągu dnia.

Warstwa E, znajdująca się na wysokości od 90 do 125 kilometrów, także ma wpływ na fale radiowe. Ta warstwa czasem jest obecna, a czasem całkowicie zanika. Czasem absorbuje sygnały, ale w większości wypadków raczej je odbija. Zdarza się, że odbija sygnały bardzo silnie i dobrze, nawet w pasmach z zakresu VHF. Mówimy wtedy o tzw. sporadycznej warstwie E, często określanej terminem **Es**. W krótkofalarstwie zwykle używamy terminu "**sporadyczna**". Dotychczas nie udało się dokładnie zbadać, w jaki sposób powstaje warstwa Es. Najczęściej występuje w miesiącach letnich i stwarza warunki do łączności na dystansie 400 - 2000 km. Stacje z prostym wyposażeniem (antena GP i moc rzędu kilku Watów) z powodzeniem przeprowadzają dalekie łączności przez odbicie od warstwy Es. Dla takich łączności charakterystyczny jest stabilny sygnał.

Jednak tym, co ma zasadniczy wpływ na odbijanie fal radiowych jest warstwa F jonosfery. Działa jak reflektor. Zachodzące tutaj zjawiska umożliwiają przeprowadzanie dalekich, międzykontynentalnych łączności. Dokładne obserwacje tej warstwy pozwoliły na zidentyfikowanie w niej dwóch obszarów, które zostały oznaczone jako **F1** i **F2**.

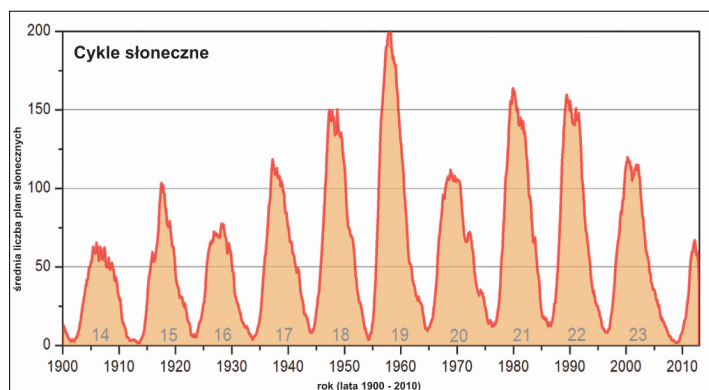
Warstwa F1 znajduje się na wysokości od 150 do około 200 kilometrów i występuje najczęściej tylko w ciągu dnia. Warstwa F2 zajmuje obszar na wysokości od 250 do 400 (czasem nawet 600) kilometrów, a ponieważ gęstość atmosfery jest na tych wysokościach bardzo niska, zjawisko ponownego łączenia jonów (rekombinacji) przebiega tutaj bardzo wolno, a obszar ten utrzymuje się w praktycznie stałym stanie przez okres nocy.

Jak można wywnioskować z tych podstawowych informacji, pora dnia ma wpływ na stan jonosfery, a więc i na propagację fal radiowych. Rozwińmy ten temat za chwilę. Tymczasem warto zwrócić uwagę na cykliczność zmian zachodzących na słońcu.

Cykl słoneczny

Energia słoneczna jonizuje cząsteczki powietrza na dużych wysokościach. Im silniejsze jest promieniowanie słoneczne, tym większy jest poziom jonizacji. Z kolei im większy jest poziom jonizacji, tym lepiej, stabilniej odbijane są sygnały radiowe.

Okazuje się, że poziom promieniowania słonecznego zmienia się w cyklu trwającym 11 lat. Gdybyśmy utworzyli wykres, w którym na osi X mamy lata, a na osi Y poziom aktywności słonecznej, okazałoby się sinusoida o okresie 11 lat. Co jedenaście lat następuje słoneczne minimum, po czym aktywność słoneczna stopniowo wzrasta, aby osiągnąć



maksimum, po czym stopniowo maleje itd. Rzeczywiście - pokazuje to doskonale ilustracja przedstawiająca cykle słoneczne na przestrzeni XX wieku.

W okresie słonecznych maksimów na powierzchni słońca można zaobserwować większą ilość plam słonecznych. Z kolei im więcej obserwujemy plam słonecznych, tym większe są poziomy jonizacji. Jednakże okres słonecznego maksimum nie oznacza, że praca na pasmach to tylko przysłowiowe "spijanie miodu".

Słoneczne maksimum to także okres silnych zaburzeń. Są to okresy, w których mają miejsce rozbłyski słoneczne oraz silne wybuchy promieniowania rentgenowskiego. Zjawiska te mają ogromny wpływ na wyższe warstwy atmosfery, mocno zaburzając warunki propagacyjne na falach krótkich (warunki na poszczególnych pasmach mogą się diametralnie zmienić z dnia na dzień). Jednakże ogólnie rzecz biorąc, im większa jest liczba plam słonecznych, tym lepsze warunki propagacyjne panują na wyższych pasmach fal krótkich.

Pisząc o aktywności słonecznej wspomnieliśmy o plamach słonecznych. To dobre miejsce, aby napisać o ważnych dla radioamatorów parametrach opisujących aktywność słoneczną.

SSN oraz Solar Flux Index

SSN i Solar Flux Index (SFI) to dwa parametry, opisujące aktywność słońca. Pierwszy określa liczbę plam słonecznych obserwowanych na powierzchni słońca. Drugi jest pomiarem poziomu słonecznego promieniowania radiowego wykonywanym w paśmie 10.7 cm (2800 MHz).

Te dwa indeksy posługują się innymi miarami i skalami, ale obydwa zmieniają się wraz ze zmianami aktywności słonecznej. Pomiar SFI jest wykonywany codziennie o godzinie 20:00 UTC przez Obserwatorium Radio Astrofizyczne Dominion (Dominion Radio Astrophysical Observatory), należące do Canadian National Research Council. Obserwatorium jest zlokalizowane w Kanadzie w Penticton, British Columbia. Bieżące wielkości Solar Flux Index (SFI) można uzyskać z różnych źródeł dostępnych w sieci Internet. Są także nadawane jako komunikaty głosowe. Te komunikaty nadaje stacja WWV: codziennie 18 i 45 minut po pełnej godzinie.

Ogólnie rzecz biorąc, wartości SFI powyżej 200 są uznawane za wysokie i wskazują, że w pasmach aż do 10 metrów włącznie można spodziewać się dobrych, długich otwarć propagacyjnych. Wartości SFI poniżej 100 są uważane za niskie i zwykle oznaczają, że wyższe pasma nie są zbyt przydatne. Kiedy wartości SFI wzrastają od 100 do 200, wyższe pasma stopniowo stają się coraz ciekawsze do pracy. W ciągu dnia pasmo 10 metrów często otwiera się, kiedy SFI osiąga wartość około 180.

Noc i dzień

Wiesz już, że słońce ma zasadniczy wpływ na jonosferę, a wcześniej zostało wspomniane, że właściwości jonosfery dynamicznie zmieniają w ciągu doby. Znaczenie ma pora dnia: dzień albo noc.

Ciśnienie powietrza jest większe na niższych wysokościach (tam gdzie znajduje się warstwa D), dlatego rekombinacja jonów przebiega tutaj nieco szybciej. To oznacza, że absorpcja w warstwie D szybko maleje wraz z zachodem słońca i nie wzrasta aż do wschodu słońca.

Z kolei jeśli chodzi o warstwę F, to w położonej niżej warstwie F1 poziom jonizacji spada szybciej, a w znajdującej się wyżej warstwie F2 pozostaje stały przez większość godzin nocnych.

Warstwa E rządzi się swoimi własnymi prawami. Jej zdolność do odbijania fal radiowych zwykle wzrasta w okolicach środka dnia, a czasem jej właściwości pozwalają na ciekawe łączności w godzinach nocnych. Ogólnie rzecz biorąc, nie przywiązujemy wielkiej wagi do tej warstwy. Wykorzystujemy jej właściwości, kiedy pomagają w nawiązywaniu ciekawych łączności, ale przeklinamy, kiedy jest na tyle aktywna, że działa jak ekran, izolujący nasze anteny od warstwy F.

Ogólnie rzecz ujmując, pasma 80 i 160 metrów są najlepsze w nocy, ponieważ w ciągu dnia mamy do czynienia z silną absorpcją w warstwie D. Pasma 30 i 40 metrów zwykle są aktywne w ciągu dnia i nocą, ale w ciągu dnia nawiązujemy łączności na krótkich dystansach. Dłuższe dystanse

wymagają niższych kątów promieniowania, a to oznacza większy wpływ warstwy D. Pasma 15, 17 i 20 metrów są w znacznie mniejszym stopniu dotknięte absorpcją warstwy D, ale wymagają wysokich poziomów jonizacji warstwy F. Dlatego pasma te są najlepsze do łączności w godzinach dziennych. Pasma 10 i 12 metrów to zasadniczo pasma dzienne. Poza okresami słonecznego maksimum.

Lato i zima

OK, wiemy że na propagację ma wpływ pora dnia. A co z porami roku? Przecież zimą dni są znacznie krótsze.

Pory roku także mają wpływ na zjawiska propagacyjne. Dłuższe noce zwiększają znaczenie niższych pasm, jednocześnie mocno ograniczając pracę na wyższych częstotliwościach. Z kolei dłuższe dni w okresach letnich ograniczają czas pracy na niższych częstotliwościach.

Jednak to nie związana z porą roku długość dnia ma zasadnicze znaczenie dla warunków propagacyjnych.

Dla pracy na niskich pasmach prawdziwe problemy wynikają tym z tego, że lato jest okresem burzowym, z dużą ilością wyładowań atmosferycznych.

Wyładowania atmosferyczne są źródłem szumu radiowego, który jest odbijany od jonosfery. Podobnie jak zwykle fale radiowe. Oczywiście słyszymy to w naszych odbiornikach. W niektórych tygodniach, od wiosny do wczesnego lata, w niektórych warstwach jonosfery występują ciągłe wyładowania i burze, nawet jeśli nie doświadczamy ich na ziemi. Ta burzowa aktywność maleje w okresie zimowym, stwarzając tym samym sprzyjające warunki w pasmach 160 i 80 metrów.

Poziom szumu radiowego generowanego przez burze maleje także wraz ze wzrostem częstotliwości, dlatego wyższe pasma (pasma dzienne) są zwykle wolne od tego rodzaju szumu. Oczywiście nie dotyczy to sytuacji, kiedy burza przechodzi nad naszym QTH.

Ogólnie rzecz biorąc pasma 160, 80, 60, 40 oraz 30 metrów dają najlepsze możliwości zimą. Pasma 20, 17, 15, 12 oraz 10 metrów są najlepsze latem. To ogólna reguła, od której zdarzają się oczywiście odstępstwa.

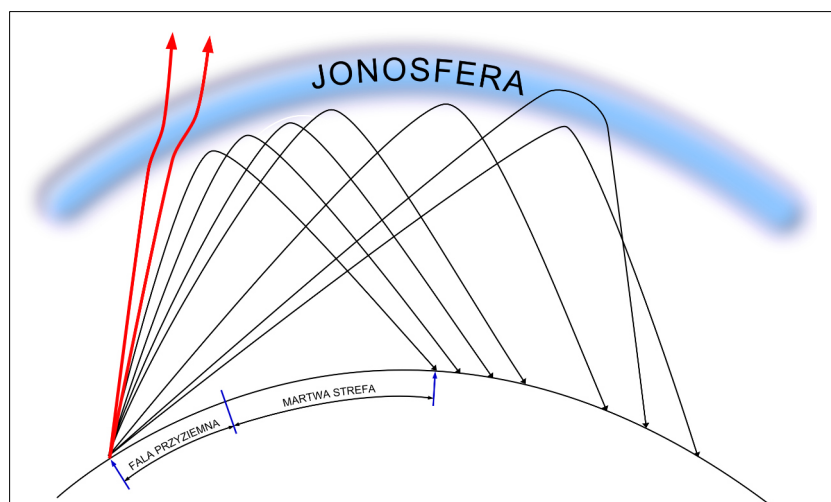
Powiązanie wszystkich opisanych czynników (dnia i nocy, lata i zimy, cyklu słonecznego) oraz ich wzajemna korelacja sprawiają, że praca na falach krótkich jest interesująca i zaskakująca. Nigdy nie wiemy na pewno, czy nie doświadczymy jakiegoś specyficznego zjawiska propagacyjnego.

Skip Zone czyli Martwa strefa

Warto wreszcie wspomnieć o zjawisku **Skip Zone** lub **Blind Zone**. W polskiej terminologii krótkofalarskiej używamy określenia **martwa strefa**. Ogólnie rzecz biorąc, to taki obszar wokół naszej anteny, gdzie nadawany sygnał w żaden sposób nie dociera. Spróbujmy to wyjaśnić.

Ogólnie można powiedzieć, że stopień padania fali radiowej jest w przybliżeniu równy stopniowi odbicia. Jednakże dla fali o określonej częstotliwości (tzw. **częstotliwość krytyczna**) stopień padania w pewnym momencie staje się zbyt wysoki, aby fala została odbita.

Z kolei w bliskiej odległości od nadajnika występuje tzw. fala przyziemna



- czyli fala, która nie jest odbijana od jonosfery lecz pochodzi bezpośrednio z anteny nadajnika. Ta fala podlega bardzo silnemu tłumieniu i w pewnej odległości od nadajnika zostaje całkowicie wytłumiona. Martwa strefa to obszar między miejscem, gdzie fala przyziemna już nie jest odbierana a punktem, gdzie odbierana jest fala odbita od jonosfery - mówimy tutaj o pierwszym odbiciu, pamiętając o tym, że fala elektromagnetyczna może być wielokrotnie odbijana od jonosfery.

Występowanie martwej strefy oraz jej wielkość zależą od wielu czynników: częstotliwości fali, pory dnia, pory roku, aktywności słonecznej czy wreszcie także od parametrów nadajnika (moc wyjściowa i rodzaj anteny).

Czasem, choć jest to zjawisko sporadyczne, może zdarzyć się taka sytuacja, że fala odbita od jonosfery trafi do obszaru, w którym jednocześnie odbierany jest sygnał z fali przyziemnej. Występuje wtedy zjawisko zanikania sygnału (ang. fading), wynikające z przesunięcia fazowego pomiędzy odbieranymi sygnałami.

HPF, MUF i LUF

Prognozy propagacyjne posługują się różnymi parametrami, charakteryzującymi stan jonosfery. W krótkofalarskiej praktyce ważne są wielkości **Highest Possible Frequency (HPF)**, **Maximum Useable Frequency (MUF)** oraz **Lowest Useable Frequency (LUF)**. Każdy z tych parametrów opisuje możliwości transmisji sygnału radiowego pomiędzy dwoma określonymi lokalizacjami, w określonej porze dnia.

HPF oznacza najwyższą możliwą częstotliwość, którą można wykorzystać, aby zapewnić łączność na określonej trasie w danym czasie. Fale o częstotliwościach wyższych od HPF będą przechodzić przez jonosferę i nie będą odbijane. **MUF** to wartość określana na poziomie 50% poniżej **HPF**. Z kolei wartość **LUF** jest determinowana przede wszystkim absorpcją warstwy D.

Do pracy na pasmach najlepsze są te częstotliwości, które są równe wartości **MUF** lub znajdują się tuż poniżej tej wartości. Jakość sygnałów spada wraz ze zbliżaniem się częstotliwości do wartości **LUF**. Wartości **MUF** w poszczególnych dniach mogą się między sobą znacznie różnić. Optymalna częstotliwość pracy to zwykle około 85% wartości **MUF**, o ile jednocześnie nie jest to wartość zbliżona do LUF (a takie sytuacje czasem mogą mieć miejsce).

Indeksy K, A oraz Kp i Ap

Wymienione dotychczas parametry pomiaru aktywności słonecznej i warunków propagacyjnych to tylko kilka z wielu wskaźników. Poniżej opiszemy jeszcze kilka wskaźników, które są powszechnie wykorzystywane w krótkofalarstwie i prognozach propagacyjnych.

Index K, Index A

Indeksy A oraz K są pomiarami zachowania ziemskiego pola magnetycznego. Index K używa skali o wartościach od 0 do 9 i opisuje zmiany zachodzące w składowej horyzontalnej ziemskiego pola magnetycznego. Aktualna wartość tego wskaźnika jest określana i nadawana w prognozach propagacyjnych co trzy godziny. Pomiar jest wykonywany magnetometrem umieszczonym w Mountain Observatory, Colorado.

Wielkość Index A jest pomiarem dziennym. Ten współczynnik posługuje się skalą od 0 do 400 i opisuje poziom zakłóceń pola geomagnetycznego. Jest obliczany poprzez przekształcenie i uśrednienie ośmiu kolejnych pomiarów wskaźnika Index K. Przewidywana (estimated) wartość Index A jest publikowana o 21:00 UTC na podstawie siedmiu pomiarów jednej wartości przewidywanej Index K. O godzinie 00:00 UTC wartość Index A jest obliczana na podstawie ośmiu rzeczywistych pomiarów. Obliczona wartość jest publikowana już bez określenia „estimated” (przewidywana). Poniższa tabela opisuje relację pomiędzy wartościami Indeksów A i K.

A Index	0	3	7	15	27	48	80	140	250	400
K Index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Ogólnie rzecz biorąc dla pracy na falach krótkich najkorzystniejsze są takie warunki propagacyjne, kiedy wartości K Index są jak najniższe. Kiedy wartość K Index wzrasta zwykle można spodziewać się problemów na wyższych pasmach KF.

Index Kp oraz Index Ap

W prognozach propagacyjnych spotykamy także bardzo często wskaźniki **Kp** oraz **Ap**. Jak zostało już wspomniane, wartości K i A są mierzone i wyliczane przez Mountain Observatory, Colorado. Jednakże siła i właściwości ziemskiego pola magnetycznego są różne w różnych częściach globu, ponieważ w zależności od miejsca różny jest wpływ promieniowania słonecznego na magnetosferę. Dlatego pomiary indeksu K wykonane w różnych obserwatoriach świata są gromadzone i uśredniane. W efekcie otrzymujemy **Index Kp** (lub też „planetarny Indeks K”). To samo – ogólnie rzecz biorąc - dotyczy indeksów A oraz Ap.

Które pasma KF wykorzystywać do pracy?

Każde z dziesięciu pasm amatorskich z zakresu fal krótkich ma swoją specyfikę. Każde ma swoje zalety i słabe strony. W "dolnej" fazie cyklu słonecznego aktywności radioamatorów skupia się w pasmach od 17 metrów w dół zakresu częstotliwości. Jednocześnie w pasmach od do 10 metrów zdarzają się nieregularne, krótkie otwarcia często występujące tylko na niewielkich geograficznie obszarach. Są tak rzadkie, że pasmom tym poświęca się niewiele uwagi. Zmienia się to jednak wraz ze wzrostem liczby plam słonecznych.

Wzrost aktywności słonecznej oznacza większe zainteresowanie wyższymi częstotliwościami. Kiedy otwarcia propagacyjne są bardziej przewidywalne i trwałe, rośnie aktywność na wyższych pasmach. Jednocześnie wraz z polepszeniem propagacji na wyższych pasmach w wyniku zwiększonej aktywności słonecznej, niższe pasma są dotknięte zwiększoną absorpcją warstwy D. To pogarsza warunki propagacyjne na niższych częstotliwościach. Jednakże nawet przy zwiększonej absorpcji niższe pasma mogą być z powodzeniem wykorzystane do łączności lokalnych i zucia szmat.

Jaka jest zatem odpowiedź? Cóż, jeśli tylko to możliwe, wykorzystuj wszystkie pasma fal krótkich. Sprawdzaj propagację, podawaj wywołanie ogólne i wybieraj to pasmo, które da ci najwięcej przyjemności. Są tacy krótkofalowcy, którzy stosują prostą zasadę: pracują na najwyższym paśmie, na którym jest jakakolwiek propagacja i można liczyć na nawiązanie łączności.

Pasma fal krótkich. Ogólna charakterystyka

Pasma amatorskie fal krótkich obejmują częstotliwości od 1,8 MHz do 29,7 MHz (jak wspomnieliśmy na początku, to pewne umowne uproszczenie). To szeroki zakres. Każde z pasm ma inne właściwości i cechy. Właściwie każde pasmo mogłoby być przedmiotem oddzielnych obszernych studiów. Tych jednak tutaj nie prowadzimy. Chodzi nam raczej o pewne ogólne zasady, które każdy może zapamiętać.

160 Metrów

Pasma 160 metrów to przede wszystkim pasmo nocne. Zasięg łączności jest w nocy bardzo dobry zarówno jeśli chodzi o stacje bliskie stacje jak też i odległe o setki kilometrów (jeżeli dysponujemy pełnowymiarowymi antenami). W paśmie tym możliwe są łączności DX, ale zwykle do przeprowadzenia takich łączności potrzebne są wysokie, pionowe anteny nadawcze oraz rozbudowane systemy niskoszumowych anten odbiorczych typu beverage.

Zakłócenia pochodzące od wyładowań atmosferycznych potrafią całkowicie uniemożliwić pracę w tym paśmie w sezonach burzowych.

80 Metrów

Tutaj przeprowadzamy najwięcej łączności krajowych oraz ze stacjami z Europy. Dzieje się to głównie wieczorem i nocą. Rankiem i popołudniami zwykle możliwe są łączności na dystansie do kilkuset kilometrów.

Tutaj także są możliwe łączności DX z całym światem. Pasma 80m jest pod tym względem o wiele bardziej przyjazne niż 160m: wymaga mniejszych anten, ale wciąż konieczne są systemy odbiorcze, aby nawiązać łączności np. ze stacjami z Pacyfiku.

Wyładowania atmosferyczne są kłopotliwe także w paśmie 80 metrów, choć w znacznie mniejszym stopniu niż na 160 metrach.

60 Metrów

Pod względem właściwości propagacyjnych pasmo 60 metrów, to wypadkowa pasma 80m i 40m. W paśmie tym stacje amatorskie mogą używać ograniczonych poziomów mocy wyjściowej, co sprawia że dalekie łączności (nawiązywane w godzinach nocnych) są trudniejsze, ale jak najbardziej się zdarzają.

40 Metrów

W ciągu dnia w tym paśmie można nawiązywać łączności regionalne, zwykle ze stacjami zlokalizowanymi w odległości do około 500 - 700 kilometrów. Wystarcza do tego zwyły poziomy dipol, nawet nie zawieszony wysoko. Z kolei w godzinach nocnych pasmo otwiera się i zapewnia łączności z całym światem.

W pewnych sytuacjach może to być bardziej problemem niż zaletą ze względu na wysokie poziomy sygnałów z różnych kierunków. Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, że w niektórych krajach pasmo 40m jest wykorzystywane przez stacje profesjonalne. W efekcie nocą czasem trudno znaleźć na czterdziestce wolną i cichą częstotliwość.

Wyładowania atmosferyczne są w tym paśmie prawie równie kłopotliwe jak na niższych pasmach.

30 Metrów

To pasmo zwykle zapewnia łączności na dystansie 2 - 2,5 tysiąca kilometrów w godzinach dziennych. Może tutaj wystąpić zjawisko martwej strefy. W nocy pasmo stwarza możliwości nawiązywania dalekich, międzykontynentalnych łączności.

W paśmie 30 metrów możliwa jest praca tylko emisją CW oraz emisjami cyfrowymi. W efekcie, nawet w okresach bardzo dobrej propagacji, na tym paśmie panuje duży spokój i choć pasmo nie jest szerokie, można tutaj niemalże zawsze znaleźć wolne miejsce, aby podać CQ.

20 Metrów

O tym paśmie mówi się: królowa pasm. Królowa (a nie król), ponieważ w naszym języku przyjęto się to określenie odnosząc do słowa **dwudziestka**. A jeżeli **dwudziestka** to przecież królowa. Wiadomo.

Co stanowi o królewskości tego pasma? Zapewne fakt, że prawie codziennie można tutaj liczyć na dalekie łączności, choć oczywiście stan jonosfery ma silny wpływ na to pasmo.

W ciągu dnia zakres tego pasma zwykle mieści się obszarze tuż poniżej wartości MUF, a absorpcja warstwy D jest dla tych częstotliwości znacznie słabsza niż na niższych pasmach. W ciągu dnia łączności na dystansie kilkuset kilometrów czy nawet ponad tysiąc kilometrów są codziennością nawet z prostymi antenami.

Często występuje tutaj zjawisko martwej strefy, co sprawia, że 20 metrów jest praktycznie bezużyteczne dla łączności lokalnych. Rzeczywiście: zdobycie np. dyplomu POLSKA tylko za łączności na 20m nie jest prostym zadaniem.

Aktywność słoneczna ma silny wpływ na propagację w paśmie 20 metrów. W okresach słonecznego maksimum pasmo często jest czynne przez całą dobę. Z kolei podczas słonecznych minimum pasmo zamyka się wraz z nastaniem późnego wieczora i nocy.

Wieczorami, w warstwie D wraz z zachodem słońca następuje szybsza rekombinacja jonów, a warstwa F w tym czasie znacznie dłużej utrzymuje poziom wysokiej jonizacji. W efekcie występuje zjawisko dobrej propagacji na Zachód: nawiązujemy wtedy dużo łączności z USA czy Kanadą. Podobne zjawisko, ale o mniejszej intensywności występuje w kierunku wschodnim w godzinach porannych.

17 Metrów

To pasmo jest nieco zbliżone do 20 metrów, ale ponieważ są to wyższe częstotliwości, rano pasmo otwiera się nieco później niż dwudziestka i oczywiście szybciej się zamyka. Jednak kiedy pasmo jest otwarte, stwarza wspaniałe możliwości DXowania.

15 Metrów

W latach zbliżonych do słonecznego minimum zdarza się, że to pasmo jest prawie cały dzień zamknięte. Kompletny brak propagacji. Wystarczy popatrzeć na wyniki SP DX Contest z takich lat, aby zobaczyć, ile łączności nawiązały w tym paśmie najsilniejsze stacje.

Aktywność na tym paśmie wzrasta wraz ze wzrostem aktywności słonecznej i coraz większą liczbą plam słonecznych. Pasma otwiera się wtedy w ciągu dnia na wiele godzin. Warstwa D (absorpcja) ma tutaj jeszcze mniejsze znaczenie.

W okresach słonecznego maksimum zdarza się, że 15 metrów jest otwarte nawet po zapadnięciu zmroku.

Pasma jest szerokie (szeroki zakres częstotliwości), co w okresach dobrej propagacji stwarza doskonałe warunki zarówno do DXowania jak i do zwykłych łączności czyli żucia szmat.

Charakterystyczna dla tego pasma jest martwa strefa, dlatego łączności lokalne są tutaj raczej rzadkością. 15 metrów sprzyja łącznościom raczej z odległymi stacjami.

12 Metrów

Z pewnością jest to jedno ze spokojniejszych pasm amatorskich w zakresie fal krótkich. Sporadycznie zdarzają się tutaj zakłócenia. Jednakże pasma jest aktywne przede wszystkim w okresach słonecznego maksimum, kiedy otwiera się na wiele godzin w ciągu dnia.

W okresach silnych wybuchów na słońcu, kiedy występują silne zjawiska zorzowe, w paśmie 12 metrów możliwe jest nawiązywanie łączności przez odbicie od zorzy. Są to głównie łączności telegraficzne z charakterystycznym, zniekształconym przez zjawiska zorzowe "chropowatym" sygnałem.

Warto dodać, że pasma 30, 17 i 12 metrów są potocznie określane jako **pasma WARC**. Nie jest to oficjalna nazwa. Są tacy, którzy uważają to określenie za formalny błąd. **WARC** to skrót wywodzący się od nazwy **World Administrative Radio Conference**. Jest to nazwa cyklicznych konferencji ITU (International Telecommunication Union), które odbywały się w latach 1971 - 1992. Na jednej z tych konferencji (w 1979 roku) radioamatorom przyznano prawo korzystania z pasm 30, 17 i 12 metrów. Stąd wzięło się potocznie przyjęte określenie **pasma WARC**. W pasmach 30, 17 i 12 metrów nie odbywają się zawody (zgodnie z zaleceniami IARU).

10 Metrów

Najwyższe pod względem częstotliwości pasma amatorskie. Ma bardzo szeroki zakres i stwarza ogromne możliwości. Pod pewnymi względami jest już podobne do pasm z zakresu VHF.

Kiedy w tym paśmie następuje otwarcie propagacyjne, rzeczywiście zaczyna się bardzo dużo dziać. Wtedy nawet z prostą anteną i dysponując niewielką mocą można nawiązywać bardzo dalekie łączności. Znacznie trudniej tutaj o łączności lokalne, ponieważ martwa strefa jest dość szeroka. Tego typu łączności, o ile się zdarzają, są raczej efektem odbijania fal radiowych przez warstwę E.

Oczywiście podobnie jak w paśmie 12 metrów, możliwe są tutaj łączności przez odbicie od zorzy w okresach następujących po silnych wybuchach na słońcu.

W okresach słonecznego minimum pasma często jest całkowicie zamknięte przez długie okresy. Wtedy nie pomagają nawet duże anteny. Znane są liczne przypadki, kiedy w zawodach CQ WW DX Contest, dysponując zestawem wieloelementowych anten Yagi w paśmie 10m możliwe było nawiązanie zaledwie kilkunastu łączności.

Natomiast podczas słonecznego maksimum albo przy podwyższonych warunkach propagacyjnych to pasma potrafi być otwarte przez cały dzień: od wczesnego wschodu aż do zapadnięcia zmroku. W czasie jednych zawodów CQWW DX Contest można wtedy nawiązać na 10 metrach ogromną ilość QSO. Przykładem jest najlepszy (w chwili pisania tych słów) polski wynik w tych zawodach w kategorii SINGLE OPERATOR ASSISTED High Power - 28MHz. Stacja SN2M (z operatorem SP2XF) nawiązała w tych zawodach 1962 łączności. Tylko na 10 metrach. Było to w 2014 roku.