

Dlaczego na kanałach FM różnie słyszymy?

mgr inż. Zdzisław
Bieńkowski, SP6LB

Pasma amatorskie 2 m stało się popularnym "pasmem do rozmawiania" dla tych tysięcy zainteresowanych radiokomunikacją, którym chciało się zdać (nietrudny, bez Morse'a) egzamin na świadectwo uzdolnienia II kat. Ucieczka od chaosu na pasmach CB na pasma, gdzie panuje porządek, jest oplacalna... dobrze jednak znać przyczyny różnych zjawisk na jakie można się tam natknąć.

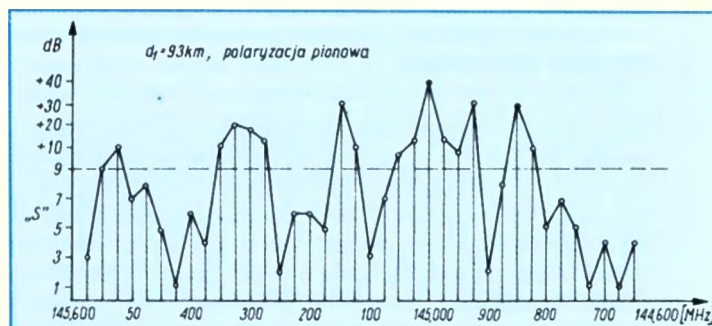
Dwumetrowe pasmo FM zawiera 31 podstawowych kanałów, od 145,000 MHz do 145,775 MHz ze skokiem co 25 kHz oraz kanały dodatkowe, oznaczane symbolem "x", znajdujące się między kanałami podstawowymi. Kanały dodatkowe są u nas przeważnie nie wykorzystywane. Jeśli pracujemy na stacjach stacjonarnych, których anteny zajmują stałe położenie, to często, mając jakiś kanał zajęty lub zakłócony przenosimy się z korespondentem na inny kanał, przeważnie na kanał sąsiedni. Wtedy to nieraz, ku naszemu wielkiemu zdumieniu, stwierdzamy, że warunki łączności radykalnie zmieniły się. Słyszalność mogła się znacznie poprawić lub prawie zaniknąć do zera. Wielu zastanawia się nad tym, czym to jest spowodowane, snując przedziwne teorie, a odpowiedź jest prosta. Jeśli parametry stacji, przy zmianie kanału, nie uległy zmianie, to przyczyną jest występowanie fali stojącej na trasie między korespondentami w wyniku nakładania się fali odbitej na falę bezpośrednią. Źródłem fali odbitej może być pobliska góra, a nawet rozległy budynek zarówno w pobliżu anteny nadawczej jak i odbiorczej.

Przed teoretycznym wyjaśnieniem tego zjawiska zostaną najpierw podane wyniki konkretnych badań, przeprowadzonych między stacjami SP6BLV w Głogowie i SP6LB w Cieplicach. Odległość między stacjami wynosi 93 km. Stacja SP6BLV nadawała z mocą ok. 10 W anteną z polaryzacją pionową i na żądanie zmieniała skokowo częstotliwość (kanały). Stacja SP6LB odbierała także anteną z polaryzacją pionową, a siła sygnałów określana była na podstawie skali "S" w transceiverze IC 275H.

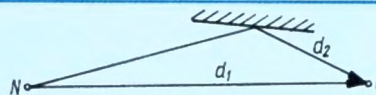
Na rysunku 1 przedstawiono zależność siły sygnału od częstotliwości zmienianej skokowo co 25 kHz. Sposób zafalowania przebiegu wyraźnie wskazuje na wystąpienie fali stojącej wywołanej jednym silnym i jednym słabym odbiciem, w wyniku czego zmiana częstotliwości tylko o jeden kanał, tj. 25 kHz, w niektórych przypadkach powodowała gwałtowną zmianę poziomu sygnału. Na przykład, przy przejściu z 145,250 MHz na 145,275 MHz uzyskuje się skok sygnału

z poziomu S2 na S9 + 15 dB. Podobnie silne zmiany występują m.in. między kanałami, np. 145,350 i 145,375 MHz.

Jak wytłumaczyć powyższe zjawisko? Otóż fala radiowa, emitowana przez antenę pionową w postaci pojedynczego dipola, rozchodzi się dookólnie i, jeśli natrafi na przedmioty o dostatecznie dużej powierzchni, to częściowo od nich się odbije. Do anteny odbiorczej docierać będą wtedy jednocześnie dwie fale: bezpośrednia i odbita. Ponieważ długość drogi fali odbitej jest większa niż fali bezpośredniej, wystąpi między nimi różnica faz (rys. 2). W antenie odbiorczej obie fale dodają się geometrycznie, czyli wektorowo. Jeśli częstotliwość fali wynosi f [MHz], to jej długość w metrach oblicza się z prostej zależności $\lambda = 300/f$. Jeśli długość trasy d_1 podzieli się przez długość fali λ , otrzyma się liczbę $n_1 = d_1/\lambda$, której część całkowita podaje liczbę pełnych długości fal mieszczących się na trasie, zaś część ułamkowa, u_1 , wskazuje na fazę fali dochodzącej do anteny. Analogicznie dla fali odbitej $n_2 = d_2/\lambda$. Fala odbita na drodze d_2 dotrze do anteny z reguły z inną fazą, tj. u_2 . Wynik dodawania się obu fal w antenie zależy nie tylko od ich amplitudy, lecz także od różnicy faz $u = |u_2 - u_1|$. Fala odbita ma zazwyczaj mniejszą amplitudę, lecz dla uproszczenia dalszej analizy można przyjąć, że obie fale mają tę samą amplitudę.

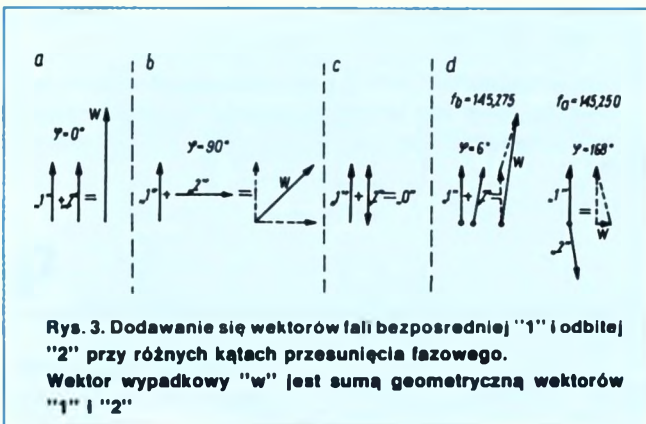


Rys. 1. Zależność poziomu sygnału odbieranego w odległości 93 km od częstotliwości. Wahania poziomu sygnału są wywołane interferencją fali odbitej z falą bezpośrednią



Rys. 2. Od nadajnika N do anteny odbiorczej O fala dociera dwiema drogami: bezpośrednią d_1 i po odbiciu d_2

Części ułamkowe długości fali, tj. u_2 , u_1 oraz u , można przeliczyć na położenie kątowe wektorów wyrażone w stopniach $\varphi = u \cdot 360^\circ$. Jeśli $u_1 = u_2$, to $u = 0$ oraz $\varphi = 0$ i nie ma przesunięcia fazowego wektorów, a wypadkowy wektor jest ich sumą algebraiczną (rys. 3). Nastąpi tu więc wzmocnienie sygnału fali bezpośredniej przez dodanie się fali odbitej. Gdy



różnica faz $u = 0,25$, wektory są przesunięte w fazie o $\varphi = 90^\circ$, a wypadkowy sygnał jest o 1,5 db silniejszy. Natomiast, gdy $u = 0,5$, wektory są skierowane przeciwnie, bo $\varphi = 180^\circ$ i wypadkowy wektor, przy jednakowych amplitudach, równy jest zeru, czyli sygnał zanika.

Warto teraz zbadać, co będzie się działo przy zmianie częstotliwości, podczas gdy odległości d_1 i d_2 nie będą się zmieniać. Rozpatrzmy opisywaną na wstępie sytuację między stacjami SP6BLV i SP6LB odległymi o $d_1 = 93\ 000$ m, dla dwóch częstotliwości: $f_a = 145,250$ MHz i $f_b = 145,275$ MHz, a więc z sąsiednich kanałów. Częstotliwościom tym od-

powiadają długości fali $\lambda_a = 2,0654045$ m i $\lambda_b = 2,065049$ m. Załóżmy teraz, że fala odbita np. od pobliskiej góry lub dużego budynku przebiega drogę dłuższą o 6602 m, to jest że $d_2 = 99\ 602$ m. Rozpatrzmy najpierw sytuację dla częstotliwości $f_a = 145,250$ MHz. Na trasie d_1 mieści się $n_{a1} = d_1 / \lambda_a = 45027,5$ fali, czyli część ułamkowa wynosi $u_{a1} = 0,5$. W podobny sposób dla fali odbitej otrzymuje się na trasie d_2 liczbę fal $n_{a2} = 48223,968$, czyli $u_{a2} = 0,968$. Różnica faz między tymi falami dochodzącymi do anteny wynosi więc $\varphi_a = 360(0,968 - 0,5) = 168^\circ$, a więc obie fale prawie się znoszą (-8 dB). Powtarzając te same obliczenia dla sąsiedniego kanału, przy $f_b = 145,275$ MHz otrzymuje się dla tych samych tras odpowiednio $u_{b1} = 45035,25$, $u_{b2} = 48232,268$ oraz $\varphi_b = 6^\circ$, czyli że następuje wzmocnienie sygnału o +3 dB, bo do fali bezpośredniej dodaje się fala odbita prawie w tej samej fazie. Wyniki te warto porównać z wykresem na rys. 1.

Z powyższej analizy wynika jeszcze jeden bardzo ważny wniosek, a mianowicie, że gdyby w przypadku złego odbioru na częstotliwości $f_a = 145,250$ MHz przesunąć antenę odbiorczą lub nadawczą tak, aby odległość bezpośrednia d_1 nie zmieniła się, zaś długość trasy d_2 była zmieniona tylko o 1 m, tj. o pół fali, to w tej nowej sytuacji różnica fazy wyniesie $\varphi_a = 18^\circ$, a więc sygnał tym razem będzie wzmocniony. Jeśli sprawdzimy teraz sytuację na sąsiednim kanale $f_b = 145,275$ MHz, to okaże się, że sytuacja zdecydowanie się pogorszyła, gdyż tym razem $\varphi_b = 180^\circ$, czyli obie fale wzajemnie się znoszą.

W praktyce sytuacja jest zazwyczaj bardziej złożona, gdyż amplitudy obu fal są różne, a poza tym występuje wiele odbić od okolicznych budynków o różnej sile.

Opisane zjawisko ma istotny wpływ na możliwości pracy przez przemienniki oraz na rzetelność oceny różnych anten, ale problemy te wymagają odrębnego artykułu. □