

prędkość elektronów podlega wahaniom w takt chwilowej wartości natężenia pola zmieniającej się pod wpływem modulacji. Konsekwencją zmiany prędkości ruchu elektronów jest zmiana liczby zderzeń elektronów z cząsteczkami gazu, a co za tym idzie zmiana absorpcji. Absorpcja w jonosferze zmienia się zatem w takt modulacji radiostacji pracującej na częstotliwości f_1 . Jeżeli w obszarze, w którym zachodzi refrakcja fali o częstotliwości f_1 zachodzi jednocześnie refrakcja fali o częstotliwości f_2 , promieniowanej przez inną radiostację, to zmieniająca się absorpcja spowoduje modulację fali o częstotliwości f_2 . W efekcie na modulację własną fali f_2 nałoży się modulacja obca, pochodząca od fali f_1 , co objawi się w odbiorniku w postaci przesłuchu radiostacji pracującej na znacznie nieraz różniącej się częstotliwości.

16.3. ROZCHODZENIE SIĘ FAL POŚREDNICH

Zgodnie z podziałem podanym w tabl. 11-1 i 11-2, falami pośrednimi nazywamy podzakres fal hektametrowych obejmujący częstotliwości od 1,5 do 3 MHz. Właściwości propagacyjne fal pośrednich mają charakter przejściowy pomiędzy typowymi właściwościami propagacji średniofalowej a typowymi właściwościami propagacji krótkofalowej.

Udział charakterystycznych cech propagacji średniofalowej maleje ze wzrostem częstotliwości, ustępując stopniowo miejsca cechom typowym dla rozchodzenia się fal krótkich. O przewadze jednych lub drugich właściwości decyduje, obok częstotliwości, również aktualny stan jonosfery oraz rodzaj terenu.

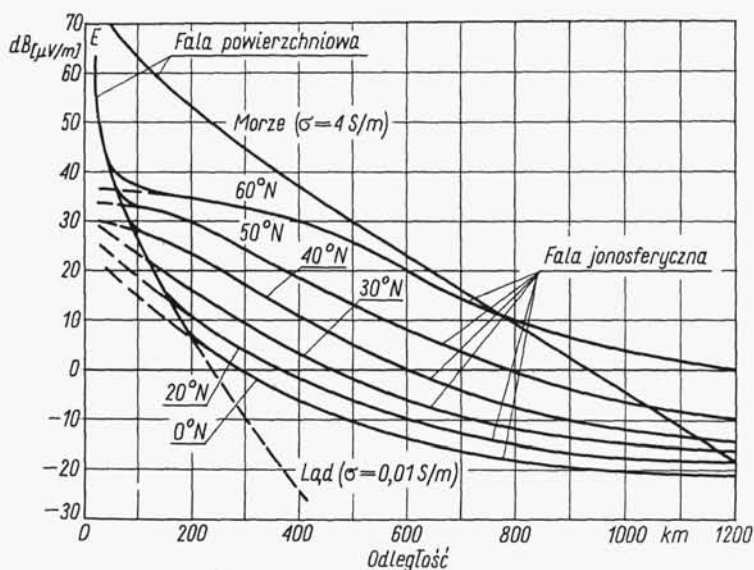
Fala powierzchniowa w zakresie częstotliwości powyżej 1,5 MHz jest już silnie tłumiona i możliwość jej wykorzystania na terenach o złej i średniej konduktywności staje się bardzo ograniczona. Poważniejsze zastosowanie znajduje fala powierzchniowa na morzu.

Jak wiadomo z uprzednio przeprowadzonych rozważań, absorpcja jonosferyczna po przekroczeniu częstotliwości rezonansu żyromagnetycznego maleje w miarę wzrostu częstotliwości. W wyniku tego fale jonosferyczne w porze dziennej nie są wytłumione całkowicie przez jonosferę. Pod tym względem warunki propagacji w jonosferze są korzystniejsze dla fal pośrednich niż dla fal średnich.

Gęstość elektronowa w obszarze E jest wystarczająca dla odbicia fal pośrednich w ciągu dnia. W porze nocnej natomiast krótsze fale pośrednie odbijają się od warstwy E tylko w przypadku wypromieniowania pod bardzo małymi kątami elewacji. Możliwe są takie warunki, w których fale pośrednie przechodzą przez warstwę E i ulegają odbiciu od warstwy F_2 . Zasadniczo może mieć to miejsce tylko w porze nocnej i na większych częstotliwościach podzakresu. Ponieważ główną rolę w propagacji jonosferycznej fal pośrednich odgrywa warstwa E , zasięgi fali odbitej są ograniczone na ogół do kilku tysięcy kilometrów.

Ze względu na silne tłumienie fali powierzchniowej na terenach lądowych, fale pośrednie znajdują zastosowanie głównie w tych przypadkach, w których można

wykorzystać fale jonosferyczne. Fale powierzchniowe są wykorzystywane tylko przez radiofonie w zakresie do 1605 kHz oraz wyjątkowo w służbie lądowej ruchomej. Natomiast fale jonosferyczne w zakresie 2...4 MHz znajdują zastosowanie na trasach od kilkudziesięciu do kilkuset kilometrów, przeważnie w radiokomunikacji wewnątrzkrajowej, w łączności radiowej między lotniskami, w lotniczej służbie ruchomej bliskiego zasięgu oraz w radiofonii tropikalnej, która wykorzystuje fale pośrednie ze względu na zbyt wysoki poziom szumów atmosferycznych na falach średnich.



Rys. 16-17. Krzywe propagacji fal pośrednich w porze dziennej ($f = 2,5$ MHz, godz. 10⁰⁰ czasu miejscowego, grudzień, liczba Wolfa $W = 5$) (według IFRB)

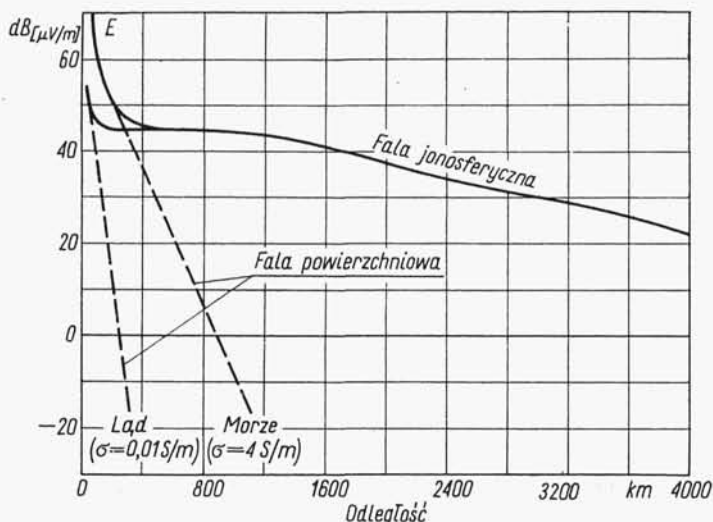
Zupełnie inaczej przedstawia się wykorzystanie fal pośrednich na morzu. Dzięki dużej konduktywności wody morskiej uzyskuje się w tym przypadku duże zasięgi fali powierzchniowej. Ponieważ jednocześnie anteny dla fal pośrednich mogą mieć znacznie mniejsze wymiary przy zachowaniu dużej sprawności, fale pośrednie są szczególnie korzystne dla służby ruchomej morskiej i szeroko wykorzystywane dla radiotelefonii bliskiego zasięgu, szczególnie przez jednostki rybackie.

Na rysunku 16-17 przedstawiono dla przykładu krzywe propagacji dla częstotliwości 2,5 MHz w porze dziennej, opracowane przez IFRB¹⁾, przy czym parametrem jest szerokość geograficzna [20]. Ponieważ absorpcja warstwy E maleje z szerokością geograficzną, natężenie pola odpowiednio wzrasta. Jak widać, w umiarkowanych szerokościach geograficznych przewaga fali jonosferycznej nad falą powierzchniową

¹⁾ IFRB — International Frequency Registration Board (Międzynarodowa Izba Rejestracji Częstotliwości).

na lądzie następuje już w odległościach rzędu kilkudziesięciu kilometrów. Natomiast na morzu fala powierzchniowa dominuje jeszcze w odległości rzędu 1000 kilometrów.

Na rysunku 16-18 przedstawiono krzywe propagacji fal pośrednich w porze nocnej. Absorpcja w porze nocnej jest mała i nie zależy od szerokości geograficznej. Obszar działania fali jonosferycznej zaczyna się bliżej niż w porze dziennej.



Rys. 16-18. Krzywe propagacji fal pośrednich w porze nocnej ($f = 3$ MHz, godz. 0⁰⁰ czasu miejscowego, grudzień, liczba Wolfa $W = 5$) (według IFRB)

16.4. ROZCHODZENIE SIĘ FAŁ KRÓTKICH

Fale krótkie obejmują zakres częstotliwości od 3 do 30 MHz ($\lambda = 100 \dots 10$ m).

Zasięg fali powierzchniowej w zakresie fal krótkich jest znikomo mały ze względu na znaczne tłumienie wnoszone przez powierzchniowe warstwy gruntu oraz ze względu na krzywiznę ziemi. W odległości kilkudziesięciu kilometrów od nadajnika (dla fal 100 m) do kilku kilometrów (dla fal 10 m) odbiór jest już, praktycznie biorąc niemożliwy. Jednakże na fali jonosferycznej odbiór na falach krótkich jest możliwy na bardzo dużych odległościach. Z tego względu fale krótkie są głównie wykorzystywane dla celów dalekosiężnej radiokomunikacji o zasięgu ogólnosiwiatowym.

Sposób rozchodzenia się fali jonosferycznej w zakresie fal krótkich objaśnia rys. 16-19a. Rysunek ten dotyczy jednorazowego odbicia od jonosfery, czyli tzw. *transmisji jednokokowej*.

Fale krótkie mogą się jednak odbić wielokrotnie od jonosfery i od ziemi w sposób uwidoczniony na rys. 16-18b. Ten sposób propagacji nazywamy *transmisją wielokokową*. Dzięki transmisji wielokokowej fale krótkie mają zasięg światowy (odległości rzędu kilkunastu tysięcy kilometrów).