

Fala przestrzenna może mieć dwie składowe — *falę bezpośrednią* i *falę odbitą* od powierzchni Ziemi. Gdy anteny nadawcza i odbiorcza znajdują się na powierzchni Ziemi, wówczas obydwie składowe fali przestrzennej mają jednakowe amplitudy, lecz przeciwne fazy i znoszą się wzajemnie; fala powierzchniowa jest wtedy jedyną składową fali przyziemnej.

Falą jonosferyczną nazywamy falę, która dociera do odbiornika dzięki istnieniu jonosfery. Można tu rozróżnić dwa skrajne przypadki, uwidocznione na rys. 11-1c i d. Na rys. 11-1c promień padający na jonosferę ulega odbiciu i powraca na powierzchnię Ziemi. W taki sposób odbijają się od jonosfery fale krótkie i częściowo średnie, natomiast fale długie rozchodzą się w przestrzeni ograniczonej powierzchnią Ziemi i dolną granicą jonosfery w sposób przedstawiony na rys. 11-1d.

Falą troposferyczną nazywamy falę, która dociera do odbiornika dzięki refrakcji w troposferze.

Natężenie pola fali oraz jej faza i kierunek w miejscu odbioru są wynikiem nałożenia się promieni, które docierają do anteny odbiorczej różnymi drogami. Wypadkowe natężenie pola w miejscu odbioru zależy od amplitud, faz i polaryzacji promieni składowych. Może się na przykład zdarzyć, że do anteny odbiorczej docierają dwie fale o znacznych natężeniach pola, ale przesunięte w fazie o kąt bliski 180° , wobec czego wypadkowe natężenie pola jest bardzo małe. Może ono ponadto ulegać dużym zmianom w czasie, jeśli jedna ze składowych zmienia swą amplitudę, fazę lub polaryzację.

Zmienność natężenia pola w miejscu odbioru powoduje powstawanie zaników. *Zanikiem* nazywamy znaczne obniżenie poziomu sygnału w stosunku do poziomu średniego.

11.3. PROPAGACJA FAL RADIOWYCH W SWOBODNEJ PRZESTRZENI

Rozpatrzmy zachowanie się fal radiowych w fikcyjnym ośrodku zwanym swobodną przestrzenią. Umieścimy w tym ośrodku antenę izotropową, promieniującą energię równomiernie we wszystkich kierunkach. Ośrodek nie wprowadza żadnego tłumienia, wobec czego fale rozchodzą się promieniście, bez strat energii. Jeśli moc promieniowana przez antenę jest równa P , to gęstość mocy w odległości R od źródła wyraża się wzorem

$$S = \frac{P}{4\pi R^2} \quad (11-1)$$

Z drugiej strony moduł uśrednionego wektora Poyntinga można wyrazić przez amplitudę natężenia pola elektrycznego rozchodzącej się fali

$$S = \frac{E^2}{2\zeta_0} = \frac{E^2}{240\pi} \quad (11-2)$$

Porównując wzory (11-1) i (11-2) możemy wyznaczyć amplitudę pola elektrycznego wytwarzanego w odległości R przez źródło izotropowe promieniujące moc P

$$E = \frac{\sqrt{60P}}{R} \quad (11-3)$$

W praktyce stosujemy jednak anteny kierunkowe. Pole wytwarzane przez antenę kierunkową na kierunku maksymalnego promieniowania możemy również obliczyć korzystając z zależności (11-3), jeśli P zastąpimy *zastępczą mocą promieniowaną* izotropowo, tzn. iloczynem zysku energetycznego anteny G_1 (względem anteny izotropowej) i mocy doprowadzonej do anteny P_1

$$E = \frac{\sqrt{60P_1 G_1}}{R} \quad (11-4)$$

Jednostki, w jakich są wyrażone poszczególne wielkości we wzorze (11-4), nie są dogodne do praktycznych obliczeń. Korzystniejszą postać wzoru (11-4) otrzymujemy wyrażając moc promieniowaną przez antenę w kilowatach, odległość w kilometrach, a natężenie pola w miliwoltach na metr. Mamy wówczas

$$E = \frac{245 \sqrt{P_1 G_1}}{R} \quad (11-5)$$

W szczególnym przypadku, gdy źródłem promieniowania jest dipol półfalowy, wówczas $G_1 = 1,64$ i wzór (11-5) przyjmuje postać

$$E = \frac{314 \sqrt{P_1}}{R} \quad (11-6)$$

Często należy wyznaczyć nie natężenie pola w miejscu odbioru, lecz moc P_2 oddawaną przez antenę odbiorczą do odbiornika. Jeśli powierzchnia skuteczna anteny odbiorczej jest równa A_{sk} , to moc oddawana do odbiornika

$$P_2 = S A_{sk} = \frac{G_1 P_1 A_{sk}}{4\pi R^2} \quad (11-7)$$

Wyrażając powierzchnię skuteczną anteny odbiorczej przez jej zysk energetyczny

$$A_{sk} = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_2$$

możemy wzór (11-7) przedstawić w postaci

$$P_2 = \frac{G_1 G_2 \lambda^2 P_1}{(4\pi R)^2} \quad (11-8)$$

11.4. WSPÓŁCZYNNIK OSŁABIENIA

Fale radiowe rozchodząc się w rzeczywistych ośrodkach ulegają w mniejszym lub większym stopniu tłumieniu. Na przykład przy rozchodzeniu się fali przyziemnej część energii fali wnika w głąb Ziemi i zostaje stracona na ciepło, część energii ulega rozproszeniu i tylko stosunkowo niewielka część dociera do anteny odbiorczej.