

ROLA ANTENY W TORZE RADIOKOMUNIKACYJNYM I JEJ PODSTAWOWE PARAMETRY

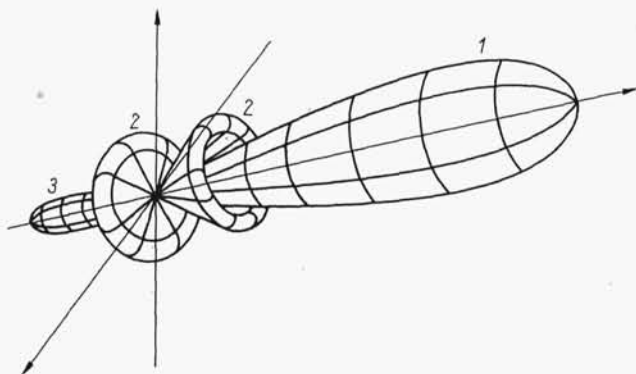
1

Antena jest ważnym ogniwem w torze radiokomunikacyjnym. Jej zadaniem jest przekształcenie kierowanych fal elektromagnetycznych w falę w przybliżeniu płaską w swobodnej przestrzeni (antena nadawcza) lub odwrotnie (antena odbiorcza). Antena jest więc swego rodzaju urządzeniem dopasowującym przewodnicę falową do swobodnej przestrzeni. Z racji swego położenia między urządzeniem nadawczym lub odbiorczym a przestrzenią, wymagania stawiane antenie są narzucone zarówno przez warunki rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w przestrzeni jak i przez wpływ anteny, jako elementu danego urządzenia, na jego pracę.

1.1. CHARAKTERYSTYKA PROMIENIOWANIA

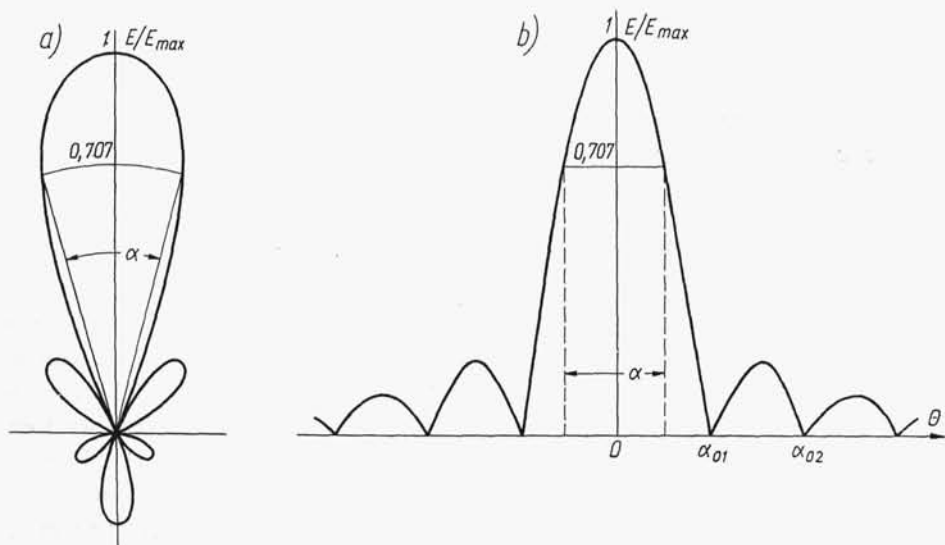
Charakterystyka promieniowania jest jednym z ważniejszych parametrów anteny, określa bowiem przestrzenny rozkład promieniowanej energii. Charakterystykę promieniowania definiujemy jako rozkład natężenia pola elektrycznego na powierzchni kuli o dostatecznie dużym promieniu, której środek pokrywa się ze środkiem anteny. Wartości natężenia pola na powierzchni kuli zależą od promienia kuli, oraz od mocy promieniowanej przez antenę. Aby uniezależnić się od tych czynników, wszystkie wartości natężenia pola dzielimy przez wartość maksymalną, uzyskując w ten sposób unormowaną charakterystykę promieniowania. Oczywiście maksymalna wartość charakterystyki unormowanej jest równa jedności. Dzięki temu możemy łatwo porównywać charakterystyki promieniowania różnych anten. Charakterystyka promieniowania przedstawia pewną zamkniętą powierzchnię w ogólnym przypadku złożoną z kilku przestrzennych wiązek różnej postaci (rys. 1-1). Największą z nich nazywamy *wiązką główną (listkiem głównym)*, pozostałe — *wiązkami bocznymi (listkami bocznymi)*. Wykonanie wykresu trójwymiarowego jest kłopotliwe i dlatego ograniczamy się zwykle do podania dwóch wzajemnie prostopadłych przekrojów charakterystyki promieniowania. Przekroje te mogą być wybrane dowolnie; w przypadku anten o polaryzacji liniowej dogodnie jest wykonać je w płaszczyźnie wektora pola elektrycznego E i w płaszczyźnie wektora pola magnetycznego H . Mówimy wówczas o charakterystykach promieniowania w płaszczyźnie E i H . Często używa się nazw *pozioma* i *pionowa charakterystyka promieniowania*. Należy jednak pamiętać, że terminy te mają określone znaczenie tylko wówczas, gdy jest znana orientacja przestrzenna anteny. Np. w przypadku anteny pionowej zasilanej względem ziemi

(antena radiofoniczna) pionową charakterystyką promieniowania jest charakterystyka w płaszczyźnie wektora E , ale w przypadku anteny telewizyjnej o polaryzacji poziomej, charakterystyką pionową jest charakterystyka w płaszczyźnie wektora H .



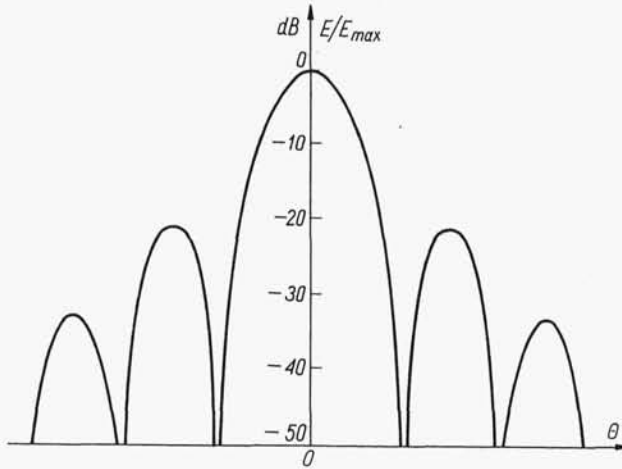
Rys. 1-1. Charakterystyka promieniowania anteny: 1 — listek główny (wiązka główna); 2 — listki boczne; 3 — listek wsteczny

Przekroje przestrzennej charakterystyki promieniowania przedstawiamy w postaci wykresów w biegunowym (rys. 1-2a) lub prostokątnym (rys. 1-2b) układzie współrzędnych. W pewnych przypadkach, gdy poziom listków bocznych w porównaniu z poziomem listka głównego jest bardzo mały, stosujemy skalę logarytmiczną na osi rzędnych (rys. 1-3).



Rys. 1-2. Przekrój charakterystyki promieniowania anteny: a) w biegunowym układzie współrzędnych; b) w prostokątnym układzie współrzędnych

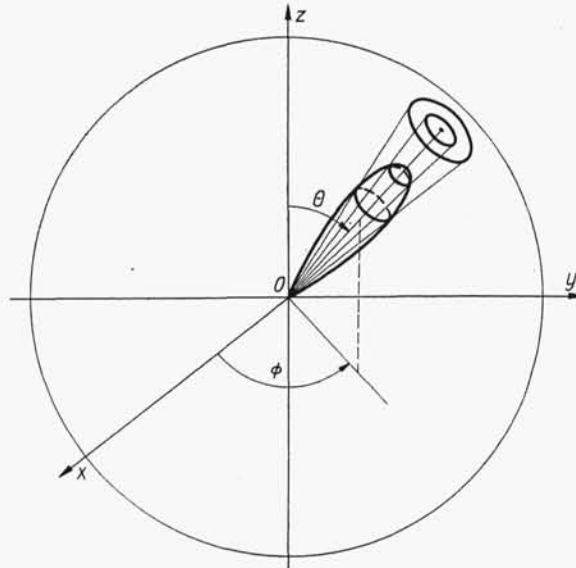
Kąt zawarty między kierunkami promieniowania w wiązce głównej, dla których natężenie promieniowania zmniejsza się o 3 dB, nazywamy *szerokością wiązki głównej* lub *kątem połowy mocy*. Antenę charakteryzują więc dwie wartości kąta połowy



Rys. 1-3. Charakterystyka promieniowania anteny w prostokątnym układzie współrzędnych z logarytmiczną skalą na osi rzędnych

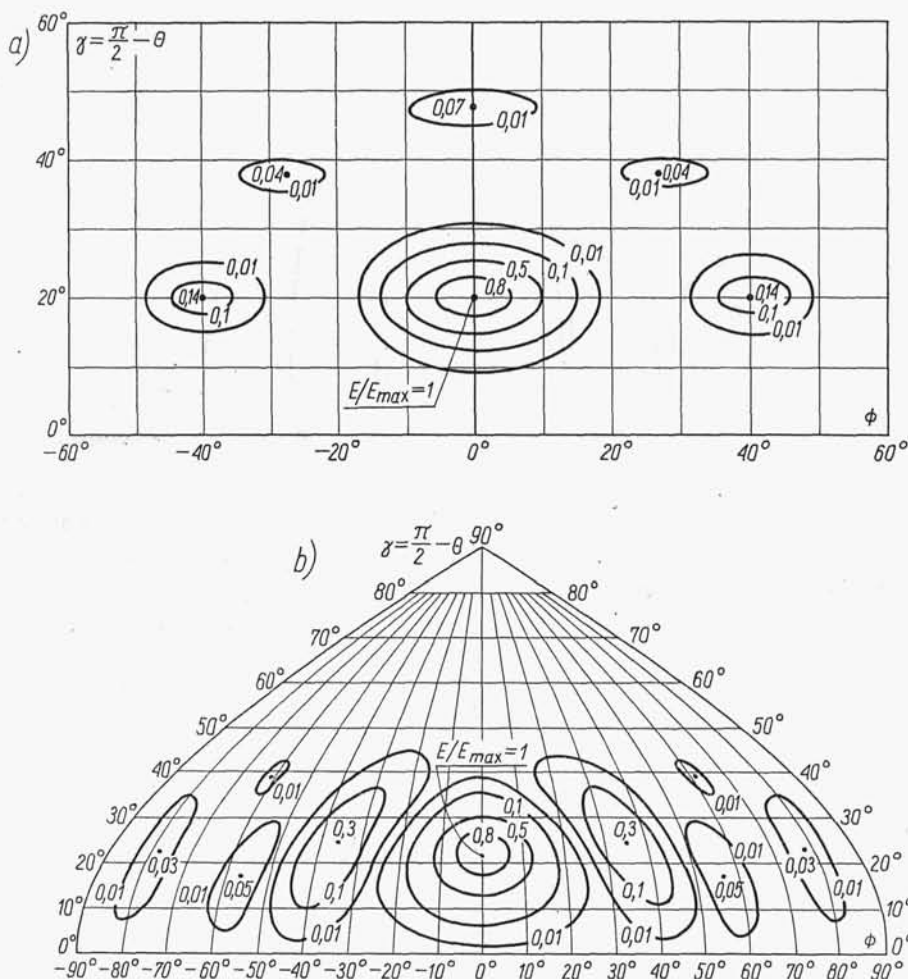
mocy: w płaszczyźnie wektora H — α_H i w płaszczyźnie wektora E — α_E . Kąt, dla którego promieniowanie zmniejsza się do zera, nazywamy *kątem zerowym* α_0 .

Dwa prostopadłe przekroje nie zawsze w pełni określają przestrzenną charakterystykę promieniowania anteny. Dlatego też, gdy potrzebujemy pełniejszych infor-



Rys. 1-4. Sposób uzyskania kartograficznego odwzorowania charakterystyki promieniowania anteny

macji, stosujemy kartograficzne przedstawienie charakterystyki. Idea takiego przedstawienia jest następująca. Jeśli przestrzenną charakterystykę promieniowania w układzie biegunowym otoczmy kulą, to każdemu punktowi na powierzchni kuli będzie odpowiadał określony kierunek Θ , Φ . Rzutujemy teraz na powierzchnię kuli krzywe odpowiadające jednakowym wartościom natężenia pola (rys. 1-4). Rzuty



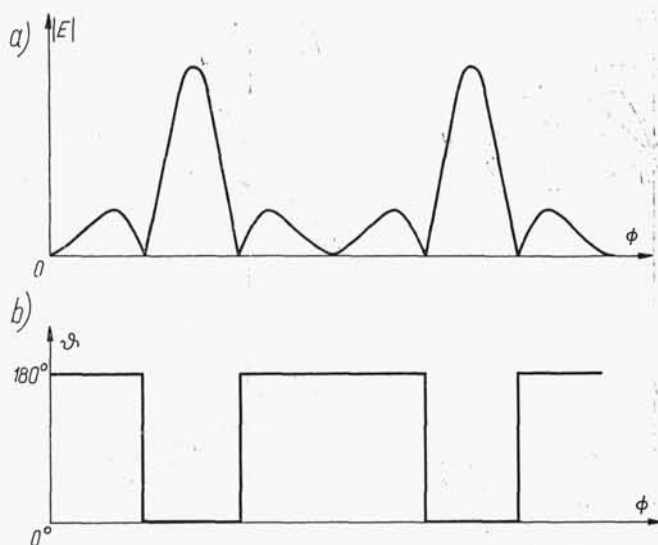
Rys. 1-5. Kartograficzne przedstawienie charakterystyk promieniowania anten: a) w rzucie walcowym; b) w rzucie prostokątno-parabolicznym

te tworzą na powierzchni kuli krzywe zamknięte, przy czym maksima listka głównego i listków bocznych są zobrazowane w postaci punktów. Część powierzchni kuli, wraz z naniesionymi na nią krzywymi jednakowych natężeń pól, odwzorowujemy teraz na płaszczyźnie, stosując metody kartograficzne (rys. 1-5). Zobrazowanie kartograficzne zawiera pełną informację o przestrzennej charakterystyce promieniowania

anteny. W razie potrzeby umożliwia ono wyznaczenie dowolnego przekroju charakterystyki.

W ogólnym przypadku wektor pola elektrycznego anteny w strefie dalekiej może mieć dwie wzajemnie prostopadłe składowe. Jeśli składowe te nie są współfazowe, należy określić charakterystyki promieniowania anteny oddzielnie dla każdej składowej.

Oprócz omówionych dotychczas charakterystyk promieniowania, obrazujących rozkład natężenia pola, stosuje się również charakterystyki promieniowania okre-



Rys. 1-6. Amplitudowa (a) i fazowa (b) charakterystyka promieniowania anteny

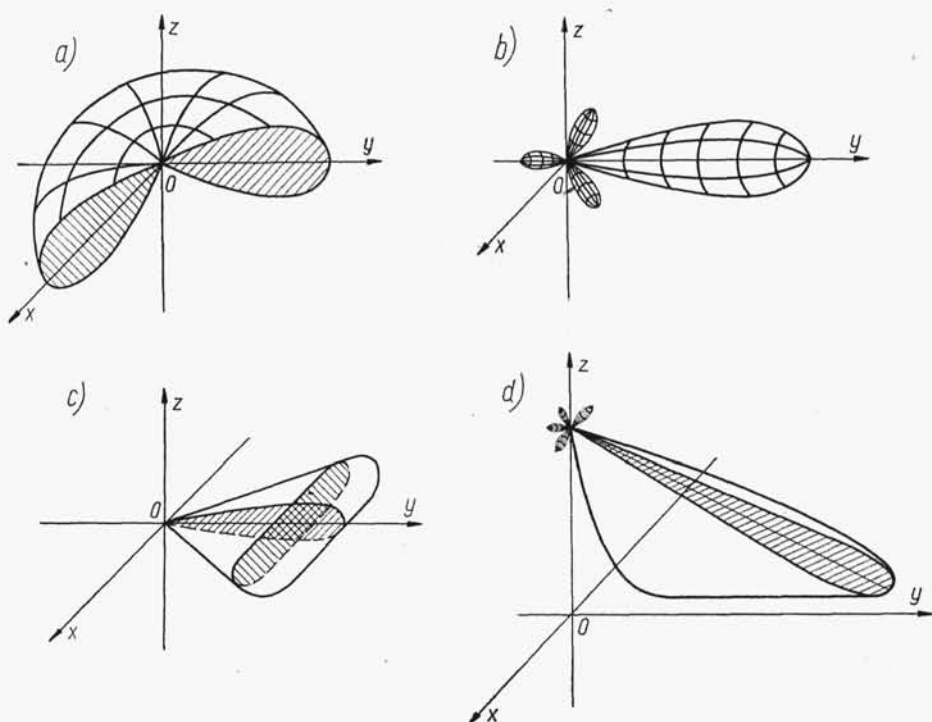
ślające przestrzenny rozkład promieniowanej mocy. Moc promieniowaną przez antenę w jednostce kąta bryłowego nazywamy *gęstością promieniowania* i oznaczamy przez $U(\theta, \phi)$. Stosunek $U(\theta, \phi)/U_{max}$ jest więc unormowaną charakterystyką promieniowania mocy.

Jeśli składowe wektora pola elektrycznego w strefie dalekiej są współfazowe, to charakterystyka promieniowania mocy jest kwadratem charakterystyki promieniowania pola. W przeciwnym przypadku charakterystyka promieniowania mocy jest proporcjonalna do sumy kwadratów obu składowych.

Zarówno charakterystyka promieniowania pola jak i mocy nie dają informacji o fazie pola. W pewnych przypadkach znajomość fazy pola jest istotna i wtedy odwołujemy się do *charakterystyk fazowych*. Dla wielu anten charakterystyka fazowa jest stała w obrębie jednego listka i zmienia się skokowo o kąt π przy przejściu od listka do listka (rys. 1-6). W ogólnym jednak przypadku charakterystyka fazowa może mieć skomplikowany kształt.

Jeśli powierzchnia ekwifazowa (czoło fali) ma kształt kuli, to środek tej kuli nazywamy *środkiem fazowym anteny*. Nie wszystkie anteny mają środek fazowy. Dla anten nie mających środka fazowego wprowadzamy pojęcie *środka promieniowania*. Definiujemy go jako środek kuli, której powierzchnia w pewnym zakresie kątów (zwykle w obrębie głównej wiązki promieniowania) jest najbardziej zbliżona do powierzchni ekwifazowej.

Charakterystyki promieniowania anten mogą przybierać bardzo różnorodne kształty. Charakterystykę promieniowania mającą kształt kuli, nazywamy *charak-*



Rys. 1-7. Najczęściej spotykane kształty charakterystyk promieniowania anten: a) dookólna; b) szpilkowa; c) wachlarzowa (płatwowa); d) cosecansowa

terystyką izotropową; odpowiada ona antenie promieniującej równomiernie we wszystkich kierunkach. Anteny takiej nie można zrealizować w praktyce; hipotetyczna antena izotropowa jest jednak dogodną teoretyczną anteną wzorcową.

Najczęściej spotykane kształty charakterystyk promieniowania to: dookólny (rys. 1-7a), szpilkowy (rys. 1-7b), wachlarzowy (rys. 1-7c) i cosecansowy (rys. 1-7d)

W większości przypadków promieniowanie w listkach bocznych jest promieniowaniem szkodliwym. Miarą promieniowania w listkach bocznych jest względny poziom listków bocznych, współczynnik rozpraszania i stosunek promieniowania głównego do wstecznego.

Względny poziom listków bocznych definiujemy jako stosunek maksymalnego promieniowania w największym listku bocznym ($|E_b|_{max}$) do maksimum promieniowania wiązki głównej ($|E_{gl}|_{max}$)

$$W_b = \frac{|E_b|_{max}}{|E_{gl}|_{max}} \quad (1-1)$$

Względny poziom listków bocznych charakteryzuje tylko maksymalny listek boczny. Dla oceny całkowitego promieniowania w listkach bocznych wprowadzamy pojęcie *współczynnika rozpraszania* ϱ_b , określającego jaką część mocy doprowadzonej do anteny jest wypromieniowana w listkach bocznych.

$$\varrho_b = 1 - \frac{\int_{\Omega_{gl}} U(\Theta, \Phi) d\Omega}{\int_{4\pi} U(\Theta, \Phi) d\Omega} \quad (1-2)$$

przy czym Ω_{gl} — kąt bryłowy zajmowany przez wiązkę główną.

W wielu przypadkach szczególnie szkodliwe jest tzw. *promieniowanie wsteczne*, tj. promieniowanie w przedziale $90...270^\circ$ w stosunku do listka głównego. Miarą tego promieniowania jest *stosunek promieniowania głównego do wstecznego*, zdefiniowany jako stosunek maksymalnego promieniowania w wiązce głównej do maksimum największego listka wstecznego ($|E_{wst}|_{max}$)

$$W_{wst} = \frac{|E_{gl}|_{max}}{|E_{wst}|_{max}} \quad (1-3)$$

1.2. KIERUNKOWOŚĆ I ZYSK ENERGETYCZNY ANTENY

Stosunek maksymalnej gęstości promieniowania do średniej gęstości promieniowania określa sumarycznie właściwości kierunkowe anteny i nazywa się *kierunkowością*¹⁾

$$D = \frac{U_{max}}{U_{sr}} \quad (1-4)$$

Średnia gęstość promieniowania jest równa całkowitej mocy promieniowanej przez antenę podzielonej przez pełny kąt bryłowy, tak więc wyrażenie (1-4) można zapisać w postaci

$$D = \frac{4\pi}{\int_{4\pi} U_n(\Theta, \Phi) d\Omega} \quad (1-5)$$

przy czym $U_n(\Theta, \Phi) = U(\Theta, \Phi)/U_{max}$ — unormowana charakterystyka promieniowania mocy.

¹⁾ Spotyka się również określenie synonimowe „zysk kierunkowy” (przyp. red.).