

# ANTENY O ZWIĘKSZONEJ SZEROKOPASMOWOŚCI

9

Antena znajduje w praktyce zastosowanie tylko wówczas, gdy jej parametry elektryczne są stałe lub zmieniają się w dopuszczalnych granicach w określonym pasmie częstotliwości, przy czym niezbędna szerokość pasma wynika ze sposobu przesyłania sygnałów. Anteny omówione w poprzednich rozdziałach można zrealizować w taki sposób, aby zarówno ich charakterystyki promieniowania jak i impedancje wejściowe spełniały podany warunek. Jednak w wielu przypadkach, np. wówczas gdy zachodzi potrzeba zmieniania częstotliwości nośnej w pewnym przedziale częstotliwości, wymagana szerokość pasma roboczego jest podyktowana względami operacyjnymi, a nie sposobem przesyłania sygnałów. Zdarza się, np. w radiokomunikacji krótkofalowej, że stosunek granicznych częstotliwości pasma operacyjnego powinien wynosić 10 : 1, a nawet 20 : 1. W tym zakresie częstotliwości parametry elektryczne anteny, tj. charakterystyka promieniowania, kierunkowość i impedancja wejściowa, powinny być stałe bądź zmieniać się w dopuszczalnych granicach, bądź też wykazywać optymalną zależność od częstotliwości. Trzeba podkreślić, że inne wymagania są stosowane przy emisji szerokopasmowej, przy której charakterystyka amplitudowa i fazowa muszą spełniać określone wymagania, a inne przy emisji wąskopasmowej z możliwością przestrajania w szerokim pasmie. W tym ostatnim przypadku antena może mieć charakterystyki dyspersyjne.

Na równi z praktycznym zapotrzebowaniem na anteny o zwiększonej szerokości pasma roboczego, możliwość budowy *anten „częstotliwościowo-niezależnych”* przedstawia ciekawy problem teoretyczny [4].

## 9.1. ANTENY, KTÓRYCH KSZTAŁT JEST CAŁKOWICIE OKREŚLONY PRZEZ KĄTY

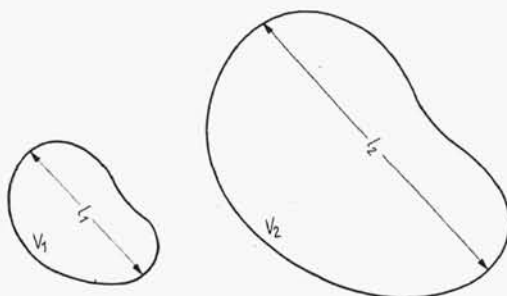
Na mocy zasady podobieństwa elektrodynamicznego dwa, podobne geometrycznie, doskonale przewodzące ciała ( $V_1$  i  $V_2$  na rys. 9-1) zachowują się jednakowo dla fal  $\lambda_1$  i  $\lambda_2$ , jeśli stosunek długości fal jest równy współczynnikowi podobieństwa

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{l_1}{l_2} = K \quad (9-1)$$

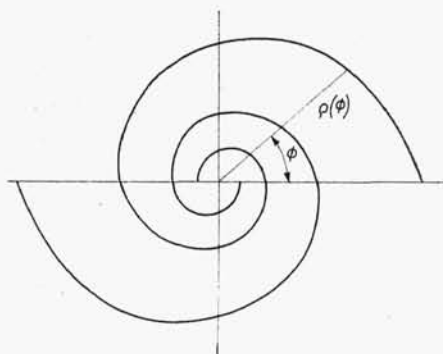
przy czym  $l_1$  i  $l_2$  są odpowiadającymi sobie wymiarami liniowymi ciał.

Tak więc, jeżeli w tym samym stosunku zmienimy rozmiary anteny bezstratnej i długość fali roboczej, to charakterystyka promieniowania i impedancja wejściowa anteny nie ulegną zmianie.

Z powyższego wynika, że parametry elektryczne anteny nie zależałyby od częstotliwości, jeśli jej charakterystyczne rozmiary liniowe, wyrażone w długościach fali, byłyby niezależne od częstotliwości. Warunek ten może być spełniony jedynie w tym przypadku, gdy konfiguracja anteny jest określona tylko przez kąty. Przykładem takiej anteny może być nieskończona antena dwustożkowa, określona jednoznacznie przez podanie kątów wierzchołkowych stożków oraz kąta między osiami. Innym



Rys. 9-1. Rysunek pomocniczy do wyjaśnienia podobieństwa elektromagnetycznego



Rys. 9-2. Spirala logarytmiczna

przykładem jest przedstawiona na rys. 9-2 struktura złożona z dwóch nieskończonych, doskonale przewodzących spiral logarytmicznych, opisanych równaniami

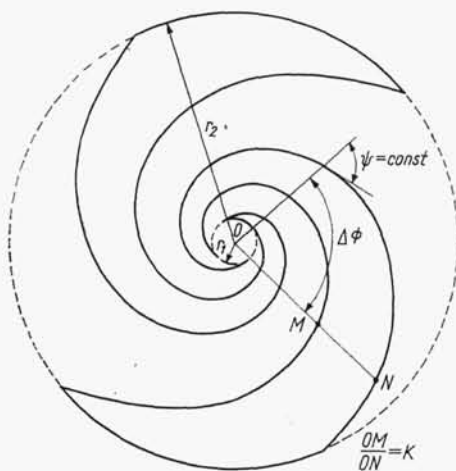
$$\varrho(\Phi) = \begin{cases} \varrho_0 e^{a\Phi} \\ \varrho_0 e^{a(\Phi+\pi)} \end{cases} \quad (9-2)$$

Jeśli rozpatrywana antena ma określone parametry przy częstotliwości  $f$ , to przy  $K$ -krotnym zmniejszeniu częstotliwości takie same parametry będzie miała antena, której równanie otrzymamy mnożąc obie strony równania (9-2) przez  $K$ . Podstawiając  $K = e^{a\Delta\Phi}$  otrzymujemy

$$K\varrho(\Phi) = \begin{cases} \varrho_0 e^{a(\Phi+\Delta\Phi)} \\ \varrho_0 e^{a(\Phi+\pi+\Delta\Phi)} \end{cases} \quad (9-3)$$

Krzywe odpowiadające zależnościom (9-2) i (9-3) różnią się tylko obrotem w swej płaszczyźnie o kąt  $\Delta\Phi$ , co nie ma żadnego znaczenia przy rozpatrywaniu promieniowania w kierunku prostopadłym do anteny. Ponieważ  $K$  może przyjmować dowolne wartości, więc rozpatrywana struktura jest w pełnym sensie anteną *częstotliwościowo-niezależną*.

Przedstawione wyżej struktury nie mogą być zrealizowane w praktyce, rozciągają się one bowiem od punktu zerowego, który jest zarazem punktem zasilania,



Rys. 9-3. Antena dwuramienna zbudowana na bazie spirali logarytmicznej

aż do nieskończoności. Rzeczywistą antenę tworzy część struktury nieskończonej, zawarta między kulami o promieniach  $r_1$  i  $r_2$  (rys. 9-3).

Wnętrze mniejszej kuli tworzy *obszar zasilania*, w którym struktura nieskończona zbiegająca się idealnie do punktu zerowego zostaje zastąpiona przez układ sprzęgający antenę z torem przesyłowym. Długość promienia  $r_1$  określa największą częstotliwość pracy  $f_1$ , bowiem po to, by układ sprzęgający nie zakłócał pracy anteny, jego rozmiary muszą być małe względem najkrótszej fali roboczej.

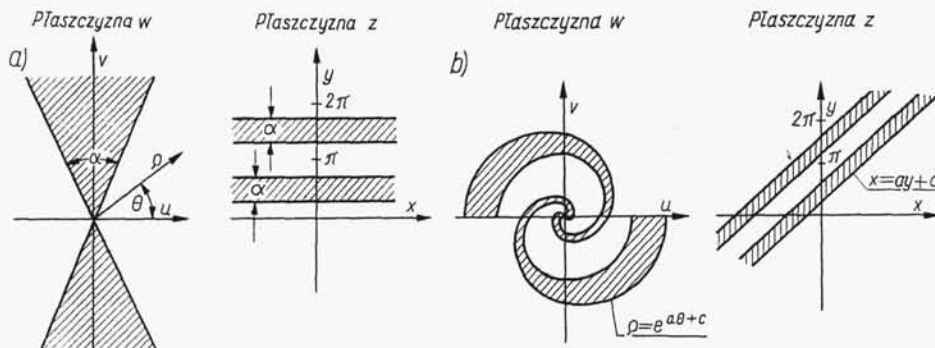
Zewnętrzne rozmiary anteny, określone przez promień  $r_2$ , wyznaczają najmniejszą częstotliwość pracy, zaobserwowano bowiem, że dla pewnych struktur prądy maleją szybko przy oddalaniu się od środka anteny. Można więc odciąć tę część struktury, w której płyną prądy małe w porównaniu z prądem płynącym przez zaciski wejściowe. Odrzucenie tej części struktury w minimalnym stopniu wpłynie na charakterystykę promieniowania i impedancję wejściową anteny. Odległość, w której prądy stają się dostatecznie małe, jest proporcjonalna do długości fali roboczej. Tak więc najmniejszą częstotliwość pracy można dowolnie zmniejszać zwiększając rozmiary anteny.

Szybkość, z jaką następuje malenie prądu ze wzrostem odległości od środka, zależy od struktury. Na przykład, dla anteny dwustożkowej pobudzonej w środku, pole jest prostopadłe do kierunku radialnego i maleje odwrotnie proporcjonalnie do

odległości od środka. Biorąc skończony, dowolnie duży fragment takiej anteny zawsze zaobserwujemy *efekt końcowy*, deformujący charakterystykę promieniowania. Natomiast struktury zbudowane na bazie spirali logarytmicznej wykazują szybsze malenie prądu niż  $1/r$  i dlatego jest możliwe zbudowanie struktury skończonej o parametrach nieznacznie odbiegających od parametrów struktury nieskończonej (w określonym zakresie częstotliwości) [171].

## 9.2. ANTENY LOGARYTMICZNIE-PERIODYCZNE

*Anteny logarytmicznie-periodyczne* są prostą modyfikacją anten rozpatrzonych w poprzednim punkcie. Modyfikację tę wprowadza się w celu zmniejszenia efektu końcowego; chociaż prowadzi ona do okresowej zmienności właściwości elektrycz-



Rys. 9-4. Odwzorowanie konforemne struktur równokątowych: a) symetryczna struktura dwusektorowa; b) spirala logarytmiczna

nych anteny, to jednak przy prawidłowym wyborze parametrów, zmiany te są tak małe, że — praktycznie biorąc — antenę można uważać za częstotliwościowo-niezależną [4].

Dokładne określenie struktury logarytmicznie-periodycznej uzyskuje się za pomocą odwzorowania konforemnego

$$z = \ln w \quad (9-4)$$

przy czym  $w$  i  $z$  są liczbami zespolonymi.

Niech będzie:

$$w = \rho e^{j\Phi} \quad \text{oraz} \quad z = x + jy \quad (9-5)$$

wówczas

$$x = \ln \rho \quad \Phi = y \quad (9-6)$$

Odwzorowanie (9-4) przekształca okręgi i promienie w płaszczyźnie  $w$  na pionowe i poziome proste w płaszczyźnie  $z$ .

Na rysunku 9-4 pokazano rezultaty odwzorowania dwóch „kątowych” struktur — symetrycznego dwusektora i spirali logarytmicznej — odpowiednio na poziome