

8.4. DWUREFLEKTOROWE UKŁADY ANTENOWE

Poważnym mankamentem reflektora parabolicznego ze źródłem oświetlającym w ognisku jest trudność umieszczenia małoszumiającego odbiornika w ognisku reflektora. Konieczność stosowania długich torów zasilających wiąże się z wprowadzeniem dodatkowych strat, a więc ze wzrostem szumów. Niedogodność tę można usunąć stosując dwureflektorowe układy antenowe.

Z zależności (8-49) wynika, że pomijając czynnik e^{-jkR_0} , rozkład pola w płaszczyźnie ogniskowej zależy tylko od stosunku długości ogniskowej do średnicy reflektora. Podobny rozkład pola uzyskuje się w płaszczyźnie ogniskowej reflektora hiperbolicznego lub eliptycznego oświetlonego przez źródło fali kulistej umieszczone w drugim ognisku. Opierając się na powyższej właściwości można użyć pomocniczego reflektora o małej średnicy w celu lepszego oświetlenia reflektora głównego o dużej średnicy [167]. Kształt i rozmiary reflektora pomocniczego zależą od jego położenia i od charakteru źródła oświetlającego.

Fala odbita od reflektora parabolicznego zachowuje się początkowo jak wklęsła fala kulista ze środkiem krzywizny w ognisku reflektora. W miarę zbliżania się do ogniska kształt powierzchni falowej ulega jednak zmianie. W płaszczyźnie ogniskowej powierzchnia falowa jest w przybliżeniu płaska, a w miarę oddalania się od ogniska przyjmuje kształt powierzchni kulistej ze środkiem w ognisku. Odległość od ogniska, począwszy od której falę odbitą można traktować jako falę kulistą (wklęsłą lub wypukłą), wyznaczmy w drodze następującego rozumowania. Rozpatrzmy koło o promieniu ρ leżące w płaszczyźnie ogniskowej reflektora i potraktujmy je jako źródło fali elektromagnetycznej. Strefa promieniowania dla tego źródła rozpoczyna się od odległości $8\rho^2/\lambda$. Jest to zarazem minimalna odległość, począwszy od której falę można traktować jako falę kulistą ze środkiem fazowym w ognisku. Korzystając z pojęcia unormowanego promienia wyrażonego zależnością (8-56) wyrażenie na tę odległość możemy napisać w postaci

$$z_{min} = \frac{u^2}{2\pi^2 \tau^2} \lambda \quad (8-61)$$

Wartość u można przyjąć dowolnie; określa ona, jaką część mocy fali padającej stanowi moc fali kulistej. Dla odległości od ogniska większych od z_{min} można stosować przybliżenie optyki geometrycznej. Należy podkreślić, że odległość z_{min} jest wprost proporcjonalna do długości fali. W optyce można więc stosować prawa optyki geometrycznej już przy odległościach od ogniska większych od kilkudziesięciu milimetrów. Inaczej przedstawia się sprawa w zakresie mikrofal, w którym odległość z_{min} przyjmuje znaczne wartości. Fakt ten jest czasem nie dostrzegany przez konstruktorów anten. W tabl. 8-1 podano wartości z_{min} dla reflektorów o różnych stosunkach f/d_a . Wartość u dobrano tak, aby moc przechodząca przez koło o promieniu u leżące w płaszczyźnie ogniskowej wynosiła 84 i 90% mocy fali padającej. W tabelicy podano również średnicę reflektora pomocniczego w postaci współognis-

Tablica 8-1

Minimalna odległość od ogniska reflektora parabolicznego, w której można stosować prawa optyki geometrycznej oraz stosunek średnicy reflektora pomocniczego do średnicy reflektora głównego jako funkcje stosunku długości ogniskowej do średnicy reflektora głównego

$f/2d_a$	$P/P_p = 0,84$					$P/P_p = 0,90$				
	u	z_{min}/λ	$2d/2d_a$			u	z_{min}/λ	$2d/2d_a$		
			$2d_a/\lambda = 300$	$2d_a/\lambda = 400$	$2d_a/\lambda = 500$			$2d_a/\lambda = 300$	$2d_a/\lambda = 400$	$2d_a/\lambda = 500$
0,30	24,6	44,1	0,49	0,37	0,29					
0,35	13,7	18,6	0,18	0,13	0,11	26,5	69,6	0,67	0,49	0,41
0,40	11,2	16,2	0,14	0,10	0,082	19,2	47,7	0,41	0,29	0,24
0,45	8,0	10,5	0,078	0,059	0,047	15,1	37,4	0,28	0,21	0,17
0,50	7,15	10,4	0,068	0,051	0,041	13,0	34,4	0,23	0,17	0,14
1,00	5,15	21,4	0,072	0,054	0,043	8,0	51,7	0,17	0,13	0,10

kowej paraboloidy o takim samym stosunku f/d_a jak dla reflektora głównego i o długości ogniskowej równej z_{min} .

Kształt reflektora pomocniczego umieszczonego w obszarze, w którym obowiązują prawa optyki geometrycznej, zależy od jego położenia w stosunku do ogniska reflektora głównego i od położenia źródła oświetlającego. Ogólne równanie reflektora pomocniczego można zapisać w postaci

$$r = f' \frac{1 + \varepsilon}{1 + \varepsilon \cos \theta} \quad (8-62)$$

przy czym:

f' — odległość od ogniska reflektora głównego do wierzchołka reflektora pomocniczego;

ε — mimośrodowość reflektora pomocniczego.

Wartość f' dobiera się tak, aby stosunek f'/d (d — średnica reflektora pomocniczego) był równy stosunkowi długości ogniskowej do średnicy reflektora głównego

$$\frac{f'}{d} = \frac{f}{d_a} \quad (8-63)$$

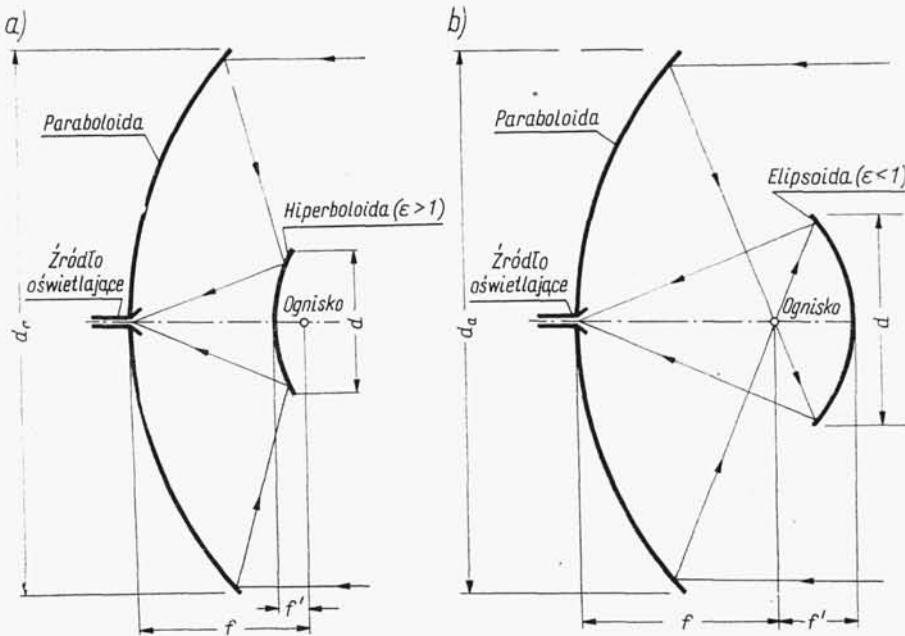
Mimośrodowość reflektora pomocniczego może przyjmować wartości mniejsze, większe lub równe jedności, zależnie od położenia reflektora pomocniczego w stosunku do ogniska reflektora głównego i położenia źródła oświetlającego. Jeśli $\varepsilon < 1$, to równanie (8-62) opisuje elipsę. Uzyskuje się w ten sposób układ Gregoriana (rys. 8-19b), w którym reflektor pomocniczy znajduje się za ogniskiem

reflektora głównego. W przypadku gdy $\varepsilon > 1$, reflektor pomocniczy ma kształt hiperboloidy umieszczonej między reflektorem głównym a jego ogniskiem (rys. 8-19a). W obu przypadkach źródło oświetlające należy umieścić w drugim ognisku reflektora pomocniczego.

Odległość między ogniskami reflektora pomocniczego

$$c = \frac{\varepsilon f}{|\varepsilon - 1|} \quad (8-64)$$

Rozkład pola w płaszczyźnie ogniskowej reflektora pomocniczego, na który pada wklęsła fala kulista ze środkiem w drugim ognisku, jest z dostateczną dokład-



Rys. 8-19. Dwurefleksyjne układy antenowe: a) Cassegraina; b) Gregoriana

nością opisany funkcją $J_1(u)/u$, przy tym unormowana odległość w płaszczyźnie ogniskowej wyraża się wzorem

$$u = \frac{kd_0}{2f' \frac{1+\varepsilon}{|1-\varepsilon|}} \quad (8-65)$$

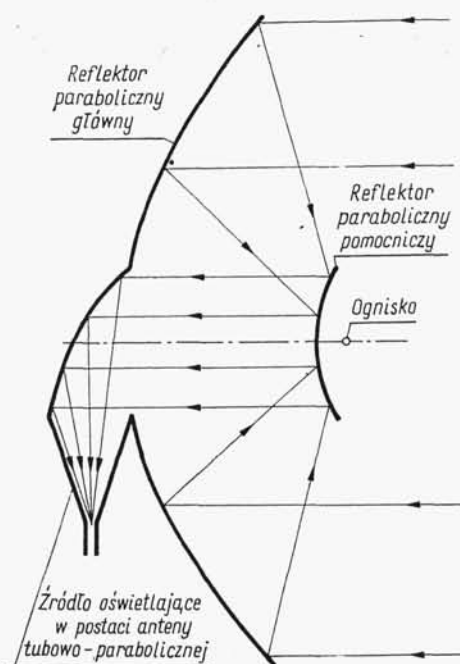
Korzystając z zależności (8-63) możemy wyrażenie (8-65) przedstawić w postaci

$$u = \frac{kd_a d_0}{2f \frac{1+\varepsilon}{|1-\varepsilon|}} \quad (8-66)$$

z której wynika, że wprowadzenie reflektora pomocniczego spowodowało zwiększenie długości ogniskowej reflektora głównego [95]. Zastępcza długość ogniskowej układu dwurefleksorowego

$$f_z = f \frac{1 + \varepsilon}{|1 - \varepsilon|} \quad (8-67)$$

Wprowadzenie reflektora pomocniczego nie zmienia więc charakteru rozkładu pola w płaszczyźnie ogniskowej, a zmienia jedynie skalę tego rozkładu. Podobnie

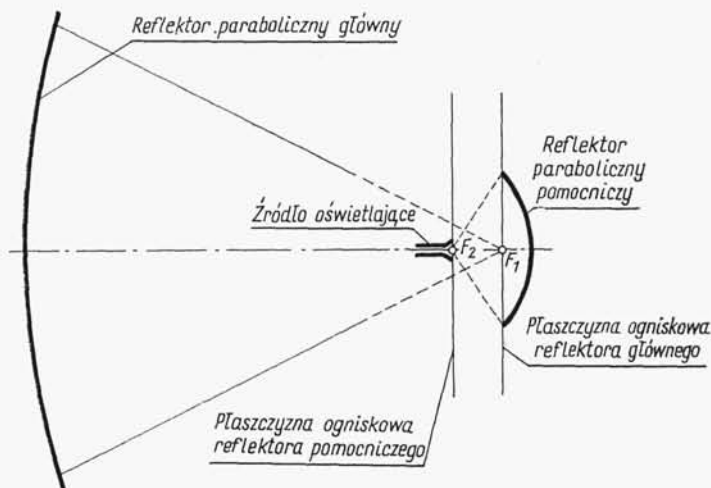


Rys. 8-20. Współogniskowe reflektory paraboliczne

zatem jak w przypadku reflektora ze źródłem oświetlającym w ognisku, zastosowanie źródła oświetlającego ze współfazowym rozkładem pola w aperturze może zapewnić co najwyżej przechwycenie 84% mocy fali padającej na reflektor główny. Zwiększenie współczynnika wykorzystania apertury wymaga stosowania bardziej skomplikowanych źródeł oświetlających.

Szczególny przypadek układu dwurefleksorowego uzyskuje się, gdy $\varepsilon = 1$. Reflektor pomocniczy ma wówczas kształt współogniskowej paraboloidy (rys. 8-20). Fala odbita od reflektora pomocniczego jest falą płaską. Źródło oświetlające musi być umieszczone w polu bliskim reflektora pomocniczego i musi być zdolne do promieniowania fali płaskiej [83, 100]. Warunki takie spełnia np. antena tubowo-paraboliczna [84].

Jeśli reflektor pomocniczy jest umieszczony w obszarze, w którym nie obowiązują prawa optyki geometrycznej, to wyznaczenie kształtu reflektora pomocniczego jest zadaniem bardziej skomplikowanym, wymagającym szczegółowej analizy rozkładu pola elektromagnetycznego w otoczeniu ogniska. Jako ciekawy przykład można podać układ zaproponowany przez Visocekasa [183]. Pole w płaszczyźnie ogniskowej reflektora parabolicznego o długiej ogniskowej jest transformatą Fouriera pola



Rys. 8-21. Dwurefleksorowy układ antenowy Visocekasa

w aperturze. Jeśli w płaszczyźnie ogniskowej umieści się drugi reflektor paraboliczny, to pole w jego płaszczyźnie ogniskowej będzie również transformatą Fouriera. Mamy więc do czynienia z podwójnym przekształceniem Fouriera, które matematycznie jest tożsamością. W płaszczyźnie ogniskowej reflektora pomocniczego otrzymujemy więc wierny obraz rozkładu pola w aperturze reflektora głównego (rys. 8-21). Układ Visocekasa działa poprawnie tylko w przypadku reflektora o bardzo długiej ogniskowej.

Warto zauważyć, że reflektor pomocniczy o rozmiarach wynikających z praw optyki geometrycznej odbija tylko część energii fali padającej na reflektor główny. Można zwiększyć skuteczność reflektora pomocniczego przez zwiększenie jego średnicy ponad wartość wynikającą z praw optyki geometrycznej [147]. Kształt dodatkowej części reflektora odbiega jednak od kształtu hiperboloidy.

8.5. ANTENY Z NIESYMETRYCZNYM REFLEKTOREM PARABOLICZNYM

Zasadniczym mankamentem symetrycznego reflektora parabolicznego oświetlanego zarówno za pomocą źródła w ognisku jak i przy użyciu reflektora pomocniczego jest zacienianie części apertury przez źródło oświetlające, reflektor pomocniczy