

Antena satelitarna kojarzy się z dużym, wklęsłym talerzem. Mniej znane są inne anteny, o niekonwencjonalnych kształtach, w tym anteny soczewkowe i kuliste

# Kuliste anteny satelitarne

Seweryn Kobylński

**W** tradycyjnej antenie satelitarnej podstawowym i największym elementem jest reflektor o przekroju parabolicznym, wykonany z blachy, tworzywa sztucznego lub gęstej siatki. O popularności takiej anteny decyduje prostota i taniość wykonania. Anteny tego rodzaju są uważane za mało estetyczne, wiele osób sądzi wręcz, że szpecą otoczenie. Dużą wadą tych anten jest pogorszenie parametrów w przypadku deformacji talerza, co może nastąpić, np. w transporcie albo z upływem czasu - pod wpływem własnego ciężaru lub częstych podmuchów wiatru. Anteny reflektorowe, zwłaszcza te tańsze, często używane przez indywidualnych odbiorców, są też mało sztywne, przy silnym wietrze odchylają się, na skutek czego dostarczają słabszy sygnał lub w ogóle "gubią" satelitę.

Większości powyższych wad nie mają anteny zwane kulistymi.

## Zasada działania anteny kulistej

Antena kulista jest odmianą anteny soczewkowej, promienie docierające do niej nie odbijają się, lecz przechodzą przez nią. Podobnie jak w wypukłej soczewce optycznej, promienie równoległe padające na przednią ściankę anteny są tak załamywane, że skupiają się w jednym punkcie, zwanym ogniskiem (rys. 1a). Typowa soczewka dwuwypukła jest wąskokątna, dlatego wiązka promieni padająca nieco z boku jest gorzej skupiana, ognisko jest rozmyte, ma kształt rozlanej łożki (tzw. koma) zamiast punktu. Zniekształcenie to jest nazywane aberracją sferyczną, utrudnia wykorzystanie nieruchomego reflektora

do odbioru sygnałów z kilku satelitów. Wad tych nie ma soczewka wykonana w kształcie kuli. Jednak obraz widziany przez jednorodną szklaną kulę jest niewyraźny, źle skupia wiązkę promieni. Dlatego w celu otrzymania dobrej soczewki kulistej trzeba wykonać ją z materiału niejednorodnego. Aby skupić promienie dokładnie na powierzchni kuli (rys. 1b) należy zastosować tworzywo o współczynniku załamania zmieniającym się wg poniższego wzoru, zwanego równaniem Luneberga:

$$\left(\frac{n_r}{n_o}\right)^2 = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{r}{R}\right)^2$$

gdzie:

$n_r$  – współczynnik załamania tworzywa w odległości  $r$  od środka kuli,  
 $n_o$  – współczynnik załamania tworzywa w środku kuli,  
 $R$  – promień kuli,  
 $r$  – odległość rozpatrywanego punktu od środka kuli.

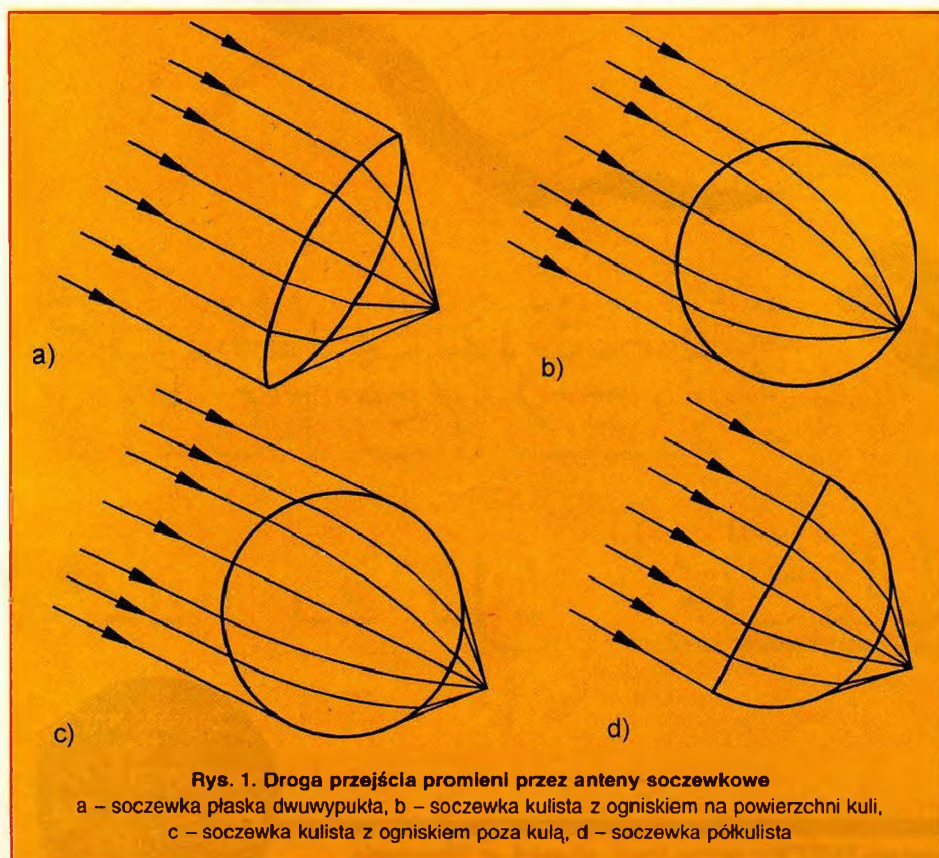
Z powyższego wzoru wynika, że soczewka kulista powinna być zrobiona z materiału o współczynniku załamania większym w środku kuli (np.  $n = 2$ ), a mniejszym na jej brzegu (np.  $n = 1,4$ ). W praktyce kulę odlewa się lub składa z kilku warstw tworzywa sztucznego, o centrycznie zmieniającym się współczynniku załamania.

Na ogół dąży się do tego, aby uzyskać skupienie promieni nie na powierzchni kuli lecz w niewielkiej od niej odległości (rys. 1c), gdyż ułatwia to zamocowanie promiennika antenowego z konwerterem. W tym celu współczynnik załamania tworzywa powinien zmieniać się nieco silniej, niż to wynika z powyższego wzoru.

Są także wykonywane anteny półkuliste (rys. 1d), o połowę mniejsze i lżejsze, chociaż mniej szerokokątne, w związku z czym ich płaska strona musi być w przybliżeniu ustawiona w kierunku satelity.

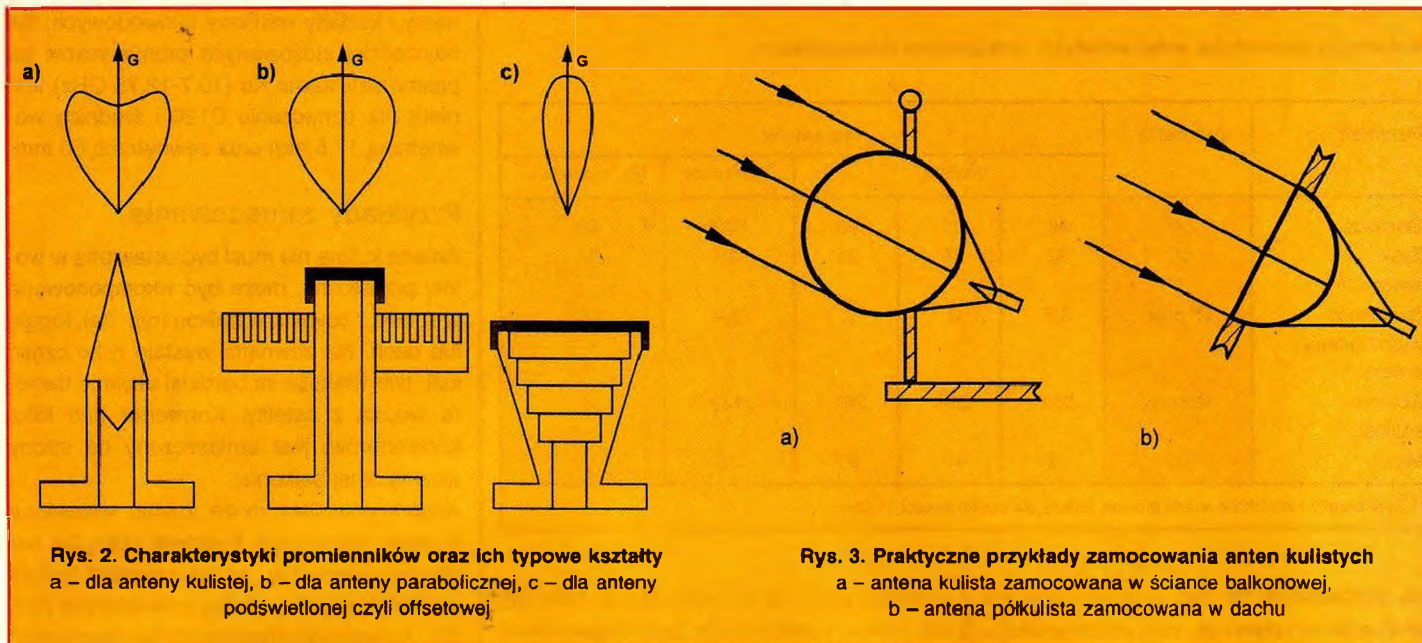
## Parametry

W tablicy zamieszczono właściwości typowych anten kulistych, półkulistych oraz dla porównania zwykłej anteny reflektorowej.



Rys. 1. Droga przejścia promieni przez anteny soczewkowe

a – soczewka płaska dwuwypukła, b – soczewka kulista z ogniskiem na powierzchni kuli,  
c – soczewka kulista z ogniskiem poza kulą, d – soczewka półkulista



Parametry elektryczne anten kulistych i półkulistych, np. zysk i szerokość wiązki, są bardzo podobne do parametrów anten reflektorowych o takiej samej średnicy. Także inne właściwości anten kulistych, nie wymienione w tablicy, takie jak temperatura szumów i poziom pierwszego listka bocznego, są bardzo podobne.

### Zalety i wady

Antena kulista, jako bryła o doskonałej symetrii, ma identyczne właściwości dla wiązki docierającej z dowolnego kierunku.

Zbędne jest więc obracanie kuli w celu zmiany kierunku odbieranej fali, wystarczy tylko zmieniać położenie promiennika, umieszczonego za anteną. Szerokokątność anteny kulistej jest więc doskonała, obejmuje pełną przestrzeń, a w dowolnej płaszczyźnie kąt  $360^\circ$ . Jest to cecha bardzo przydatna w technice satelitarnej, umożliwia odbiór sygnałów z wielu satelitów przy zastosowaniu takich metod jak:

- przesuwanie promiennika z konwerterem, umieszczonego za soczewką na ruchomym ramieniu,

- umieszczenie kilku promienników z konwerterami za soczewką i przełączanie sygnałów wyjściowych z konwerterów.

Soczewka kulista tworzy mocną, opływową bryłę, jest bardzo odporna na wiatr, opady i inne wpływy otoczenia.

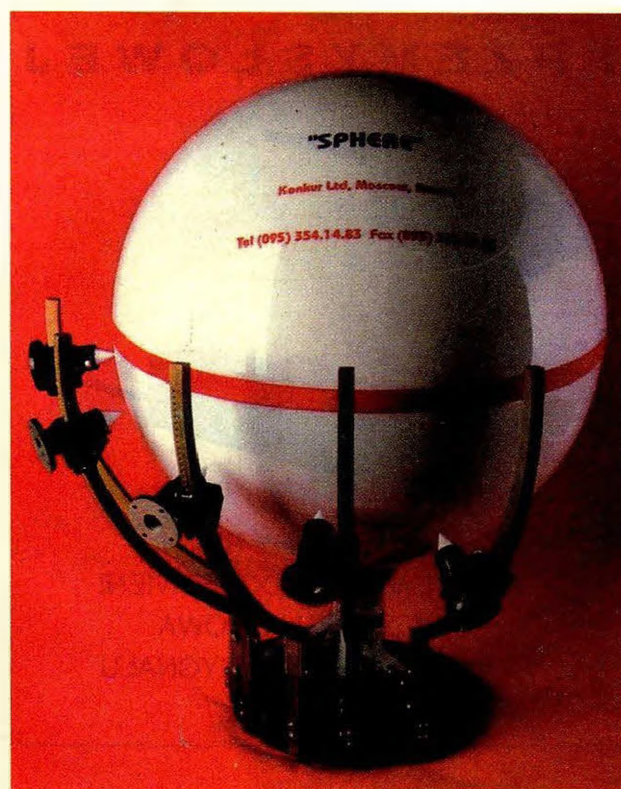
Kula jest często stosowanym elementem ozdobnym w architekturze, anteny kuliste mogą być łatwo wkomponowane w otoczenie.

Wadą anten kulistych jest ich masa, która dla kuli o średnicy 90 cm dochodzi do 90 kg, dla kuli 46 cm – 18 kg, a dla półkuli 50 cm – tylko 10 kg. Anteny kuliste rozposzechnią się zapewne wtedy, gdy wzrośnie moc nadajników satelitarnych i do ich odbioru wystarczą anteny o średnicy 40-60 cm. Nastąpi to niebawem, gdyż planowane na ten rok nowe satelity, zarówno z serii Astra jak Eutelsat Hot Bird, będą mieć podwyższoną moc.

Ze względu na łatwość zmiany kierunku odbieranych sygnałów bez obracania kuli oraz mocną i opływową konstrukcję, anteny kuliste znalazły zastosowanie w lotnictwie, w żegludze oraz w technice wojskowej.

### Promiennik dla anteny kulistej

Promiennik umieszczony za anteną kulistą powinien mieć charakterystykę bardzo szeroką, w dodatku o kształcie kardiody czyli serduszka (rys. 2a). Wymagana szerokość wiązki wynika z tego, że promiennik umieszczony blisko kuli musi "zobaczyć" brzegi kuli, a to wymaga dużej rozwartości kątowej. Kształt kardiodalny jest potrzebny po to, aby skuteczniej zbierać sygnał z zewnętrznych warstw kuli.



**Antena kulista razem z kompletem promienników do odbioru programów z kilku satelitów, w położeniu transportowym**

## Porównanie parametrów anten kulistych, półkulistych i reflektorowych

Parametr	Jednostka	Typ anteny				
		Kulista			Półkulista	Reflektorowa
Średnica	cm	46	60	90	50,5	60
Zysk anteny *)	dB	32	35	39	33	35
Szerokość wiązki głównej anteny *)	stopnie	3,7	3	2	3,4	3
Szeroko- kątność	stopnie	360	360	360	120	6
Masa	kg	18	40	90	10	5

\*) Zysk anteny i szerokość wiązki głównej anteny dla częstotliwości 11 GHz

Dla porównania na rys. 2 przedstawiono też charakterystyki i kształty promienników dla często spotykanych anten reflektorowych: dla symetrycznej anteny parabolicznej oraz dla anteny podświetlonej.

Obecnie dąży się do tego, aby konwertery do anten satelitarnych były uniwersalne i mogły być łączone z wymiennymi promiennikami, zależnie od typu zainstalowanej anteny. Zostały znormalizowane wy-

miary i kształty kołnierzy falowodowych; dla najczęściej stosowanych promienników na pasmo satelitarne Ku (10,7-12,75 GHz) kołnierz ma oznaczenie C120 i średnicę wewnętrzną 17,5 mm oraz zewnętrzną 50 mm.

### Przykłady zamocowania

Antena kulista nie musi być ustawiona w wolnej przestrzeni, może być wkomponowana w ścianą budynku, w balkon (rys. 3a), loggię lub dach. Na zewnątrz wystaje tylko część kuli, tym większa im bardziej ukośnie dociera wiązka z satelity. Konwerter (lub kilka konwerterów) jest umieszczony od strony wewnętrznej balkonu.

Antena półkulista może zostać wstawiona w płytę, stanowiącą fragment pokrycia dachu lub ściany tak, że na zewnątrz będzie stanowił jednolitą, gładką powierzchnię (rys. 3b). Antena półkulista jest mniej szerokokątna i dlatego powinna być wstawiona w płaszczyznę zwróconą w kierunku satelity, czyli najczęściej na południe. □