

ANTENY NA OBIEKTACH LATAJĄCYCH

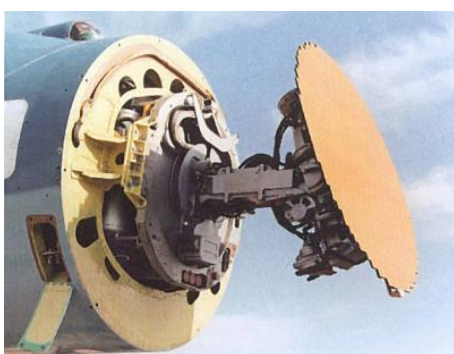
1. Wstęp

Anteny urządzeń radiowych, umieszczonych na obiekcie latającym muszą spełniać szereg specyficznych wymagań. Obiekty latające, które obecnie są „naszpikowane” elektroniką muszą, siłą rzeczy posiadać znaczną ilość anten (np. B-2 ma ich ponad 100).

W zależności od wypełnianych funkcji wymagania na anteny mogą być różne. Można je podzielić na 2 grupy – konstrukcyjne (gabaryty, kształt, ciężar, mocowanie itd) i polowe (kształt charakterystyki promieniowania, wytrzymałość mocowa itd).

Antena powinna mieć opływowy kształt, umożliwiający wygodne mocowanie na obiekcie latającym, a także nie stanowić oporu aerodynamicznego. Z formalnego punktu widzenia, obecność anten na obiekcie latającym, jako dodatkowych jego elementów powinno być zaakceptowane przez odpowiednie instytucje lotnicze.

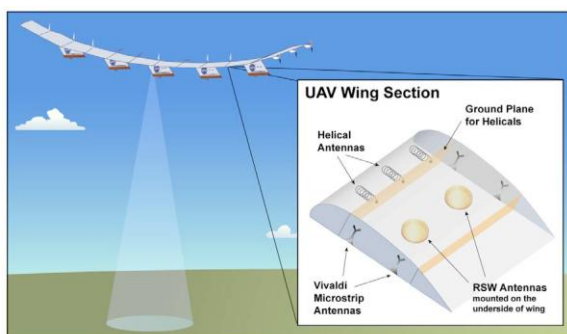
Zaawansowane aplikacje wymagają wbudowywania anteny w konstrukcję obiektu latającego. Oczywiście, ze względu na duże prędkości poruszania się, dotyczy to głównie rakiet i samolotów odrzutowych.



Rys.1 Antena radaru Żuk-MS na SU-27



Rys.2. Anteny dipolowe do umieszczenia w skrzydle obiektu latającego [5]



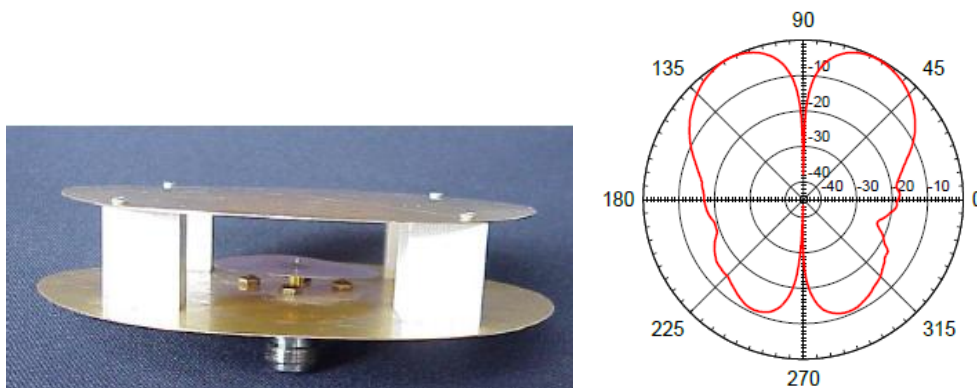
Rys.3 Rozmieszczenie anten w skrzydle UAV (propozycja) [6]



Rys.4. Szerokopasmowa antena na UAV (0.8-2.4 GHz) [4]

Obiekty latające wolniej (samoloty i UAV) mogą mieć anteny umieszczone na zewnątrz, powinny jednak być one odpowiednio cienkie i osłonięte.

Kolejny przykład anteny, która może być stosowana na obiektach latających przedstawiono na Rys. 4A.



Rys.4A. Model anteny, charakterystyka promieniowania w pł. E [8]

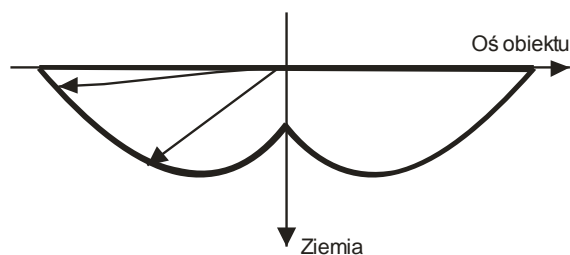
2. Kształt charakterystyki promieniowania

Wymagany kształt charakterystyki promieniowania anteny umieszczonej na obiekcie latającym określony jest przez funkcje systemu radiowego. W danym przypadku, ponieważ najprostszym, wymagane jest równomierne oświetlenie powierzchni pod samolotem. Wbrew pozorom tak postawione zadanie nie jest łatwe do rozwiązania. Rozważamy tutaj przypadek anteny stałej, bez możliwości śledzenia przez nią punktu odbioru. Antena śledząca musiałaby być wtedy umieszczona na rotorze, musiałby być zastosowany skomplikowany układ automatyki. Warto zauważyć, że wykonanie takiego systemu antenowego do punktu odbiorczego jest znacznie prostsze, a to ze względu na brak ograniczeń objętościowych, mniejsze obciążenia rotora itd. W związku z tym znaczenie parametrów energetycznych punktu odbioru (czułość odbiornika, zysk energetyczny anteny) jest niezwykle istotne z punktu widzenia zasięgu systemu.

Warto również zauważyć, że w omawianej aplikacji potrzebne są dwie anteny- jedna do przekazu wideo, druga do sterowania. W systemach opartych na standardzie WiFi potrzebna jest jedna antena, bądź zestaw kilku anten realizujących koncepcję MIMO. Oczywiście MIMO może być stosowane w systemach jednokierunkowych (opartych obecnie zwykle na standardzie DVB-T). Jest to jednak oddzielny, ciekawy temat wykraczający poza zakres tematyczny tego tekstu.

Polaryzacja anteny może być pionowa lub pozioma (w zależności od systemu w którym pracuje). Rozwiązanie przedstawione na rys.4 – polaryzacja pionowa, na rys.2 – polaryzacja pozioma.

Antena powinna być umieszczona pod kadłubem obiektu latającego i powinna „patrzeć w dół”. Zakładamy, że obiekt latający nie wykonuje akrobacji lotniczych, a porusza się w położeniu równoległym do Ziemi. Oczywiście jest, że aby powierzchnia ziemi była oświetlana równomiernie, promieniowanie prostopadłe w dół powinno być minimalne, gdyż odległość między nadajnikiem i odbiornikiem jest minimalna (równa wysokości lotu, np. 400 m). Antena powinna promieniować maksymalnie w kierunku prawie równoległym do Ziemi. Jednocześnie ograniczone powinno być promieniowanie w kierunku nieba. Idealizowany kształt charakterystyki promieniowania przedstawiono na rys. 5 (przekrój). Charakterystyka jest oczywiście symetryczna względem osi prostopadłej do Ziemi.



Rys.5. Idealizowany kształt charakterystyki promieniowania

Kształt charakterystyki promieniowania powinien przypominać więc zniekształconą ósemkę.

Oczywiście można znaleźć analityczne wyrażenie wymaganego kształtu charakterystyki promieniowania. Powinien to być cosecans. Problem jest analogiczny jak w radiolokacyjnych antenach cosecansowych.

Warto w tym miejscu ustosunkować się do pomysłu wykorzystania w tym przypadku anten kierunkowych, np. panelowych. Zakładamy, że antena kierunkowa jest „przylepiana” do obiektu latającego, czyli kierunek maksymalnego promieniowania skierowany jest prostopadłe w dół. Nie jest to rozwiązanie prawidłowe, szczególnie jeśli przewiduje się stosowanie „silnych” anten kierunkowych (czyli dużych). Można powiedzieć, że im „słabsza” antena tym, w danym przypadku, lepiej. Należy pamiętać również, że polaryzacja takich anten jest pozioma. Nie jest to problem natury zasadniczej, trzeba jednak pamiętać o tym przy ustawianiu anteny odbiorczej na ziemi. Należy również pamiętać, że charakterystyka polaryzacyjna takich anten kierunkowych jest liniowa, a nie kołowa czy dookólna. Może to powodować kłopoty z zasięgiem dla określonych azymutów (jakich, to zależy od ustawienia osiowego anteny).

5. Kilka uwag o możliwym do uzyskania zasięgu systemu

Zasięg systemu radiowego w wolnej przestrzeni można (przyjmujemy, że taką sytuację mamy w danym przypadku) obliczyć wykorzystując wzór:

$$R = \lambda 10^{\frac{L}{20}}$$

gdzie : λ – długość fali , obliczana w prosty sposób z zależności $\lambda(\text{metry})=300/f(\text{MHz})$

L – potencjał energetyczny łącza w dB, uwzględniający moc nadajnika, czułość odbiornika i zyski energetyczne obu anten

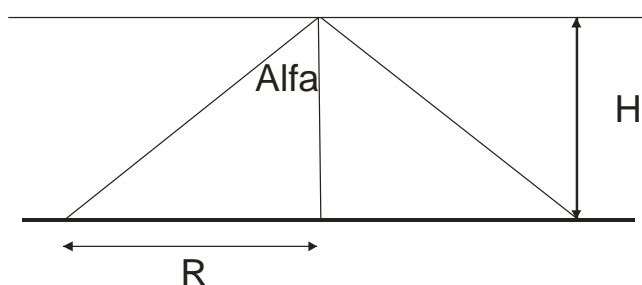
Zasięg zależy więc liniowo od długości fali (częstotliwości),

Przykładowe, przybliżone wartości przedstawiono w Tabeli.

$\lambda \setminus R$	czułość odbiornika -- 84dBm, moc nadajnika – 30dBm(1W), zyski energetyczne anten 0 dB (dookolne)	czułość odbiornika –(-84)dBm, moc nadajnika – 30dBm(1W), zyski energetyczne anten: nadawczej 0 dB (dookolne), odbiorczej – 10dB	czułość odbiornika –(-84)dBm, moc nadajnika – 30dBm(1W), zyski energetyczne anten: nadawczej 0 dB (dookolne), odbiorczej – 16dB
f=1.5GHz	8 km	24 km	48 km

$(\lambda=0.2\text{m})$			
$f=3\text{GHz}$ $(\lambda=0.1\text{m})$	4 km	12 km	24 km
$f=4.9\text{ GHz}$ $(\lambda=0.061\text{m})$	2.5 km	7.7 km	15 km

Jeśli obiekt latający znajduje na wysokości H na Ziemią to punkt widziany z niego pod kątem alfa leży w odległości $R=H \tan(\alpha)$. Przykładowe sytuacje przedstawia Tabela.



alfa	H	R
45°	$A=400\text{m}$	$1A=400\text{m}$
80°	$A=400\text{ m}$	$5.7A=2.28\text{ km}$
89°	$A=400\text{m}$	$57A=22.8\text{ km}$

4. Wyniki obliczeń i przykłady z literatury

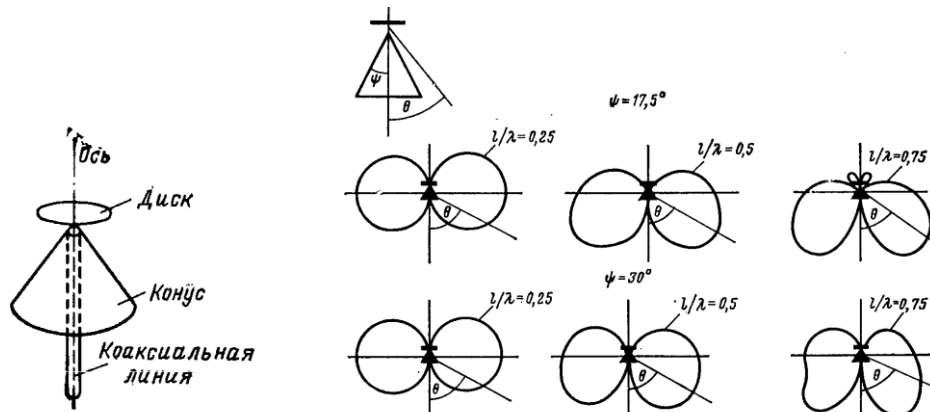
Przedstawione teraz będą wyniki obliczeń anteny typu:

- niesymetryczny dipol ćwierćfalowy
- dyskowo-stożkowa (modyfikacja)

Do obliczeń wykorzystano program CST Microwave Studio.

Antena typu dipol niesymetryczny jest bardzo prostą i efektywną anteną. Jednak możliwość jej stosowania na wysokich częstotliwościach (np. powyżej 3 GHz) jest ograniczona. Wynika to z porównywalności wymiarów układu zasilania (linii współosiowej) z długością dipola (ćwiartka fali – dla $f=3\text{GHz}$ wynosi to 25 mm). W związku z tym przedstawione niżej obliczenia przeprowadzono dla anteny przewidzianej do pracy na częstotliwościach około 3 GHz.

Jeśli potrzebna jest antena szerokopasmowa, pracująca w wyższym zakresie częstotliwości można zastosować inną antenę, swoista modyfikacje znanej dobrze anteny dyskowo-stożkowej [7].



Rys.6. Antena dyskowo-stożkowa a. konstrukcja, b. eksperymentalne charakterystyki promieniowania w pionie, pokazujące wpływ na ich kształt parametrów geometrycznych (l - długość tworzącej stożka)

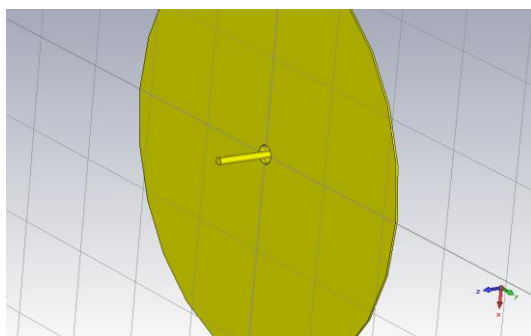
Modyfikacja przedstawionej anteny dyskowo – stożkowej polega na zamianie dysku drugim stożkiem z dużą średnicą podstawy i małą wysokością. Inny jest sposób zasilania anteny – od strony dysku.

Obliczona, przykładowa konstrukcja przeznaczona jest do pracy w szerokim zakresie częstotliwości, w tym również np. pasma 3, 5.5 GHz.

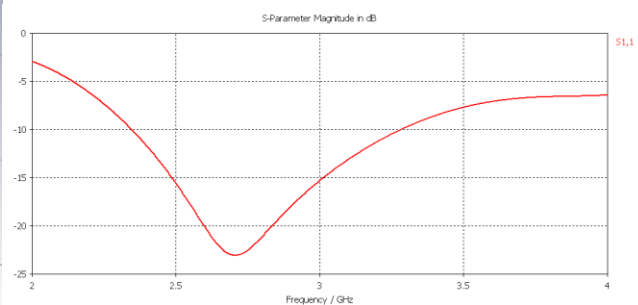
Niesymetryczny dipol ćwierćfalowy

Częstotliwość pracy – około 3 GHz

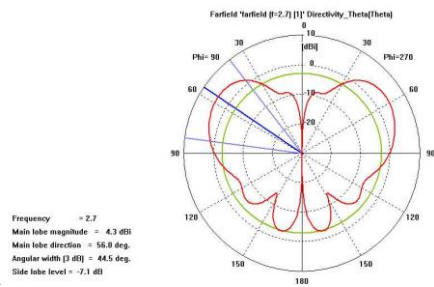
Polaryzacja - pionowa



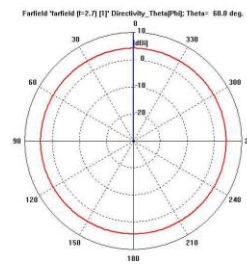
a. antena



b. WFS



c. charakterystyka promieniowania w pionie

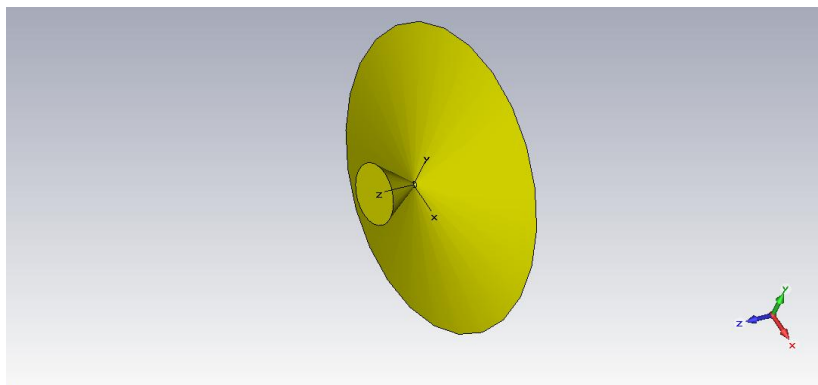


d. charakterystyka promieniowania w poziomie (dla kąta 60⁰ w pionie)

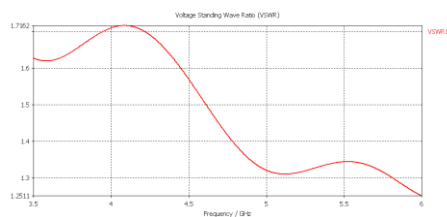
Rys.7.

Warto zauważyć, że ekran powinien mieć kształt koła. Zapewni to symetrię charakterystyki promieniowania w obu płaszczyznach. Zastosowanie ekranu np. kwadratowego powoduje niesymetrię charakterystyki promieniowania względem osi anteny.

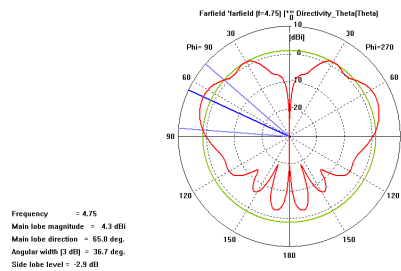
Antena dyskowo-stożkowa



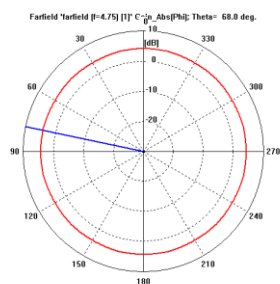
Rys. 8. a. antena



b. VFS



c. char.prom. w pionie



d. char. prom w poziomie (dla kąta 68°)

Kierunek maksymalnego promieniowania w pionie występuje dla kąta ok. 68° . Zysk energetyczny dla tego kąta wynosi 4.2 dB. Kierunek 0° (patrz rys.8.a) w realnej aplikacji jest skierowany w dół, w kierunku Ziemi.

4. Wnioski

Anteny przeznaczone do omawianych aplikacji powinny charakteryzować się specjalnym kształtem charakterystyki promieniowania. Przedstawiono przykładowe rozwiązania.

Literatura

1. <http://aerospace.boopidoo.com/philez/Su-15TM%20PICTURES%20&%20DOCS/Overscan's%20guide%20to%20Russian%20Military%20Avionics.htm>
2. <http://www.cobham.com/media/83838/AUVSI-Paper.pdf>
3. <http://www.star-h.com/Antenna-Products/UAV-Antenna-Solutions/index.html>
4. Daniel. W Aten, Randy L. Haupt: *Genetically Optimized, Low Profile, Wideband, Shorted Monocone Antenna*, IEEE 2009
5. Katalog firmy Vislink www.vislink.com
6. *Structurally Integrated Antenna Concepts for HALE UAVs*, NASA Langley Research Center Hampton, Virginia 23681-2199 October 2006
7. Drabkin A.L. *Antenno-fidernyje ustrojstwa*, Sowietskoje, str. 158, Radio, 1973
8. W.Kolosowski, M.Wnuk, A.Jeziorski, G.Rózański *Circular antenna with V-type radiation pattern In E plane*, ICEAAP 2003

Zmiany:

23.05.2013