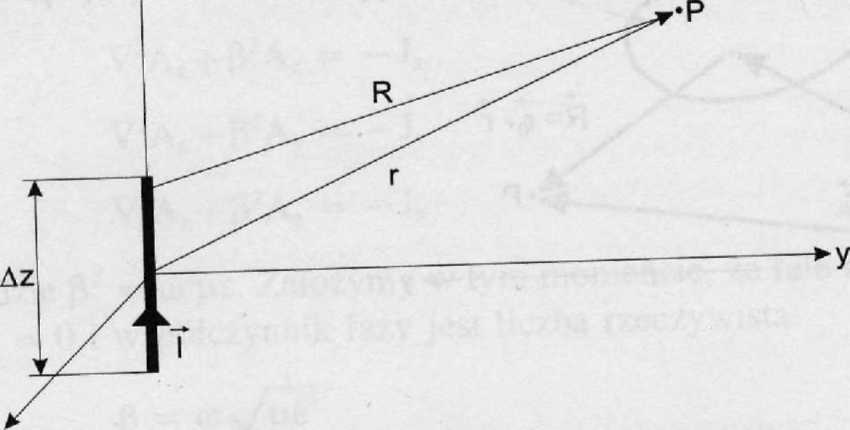
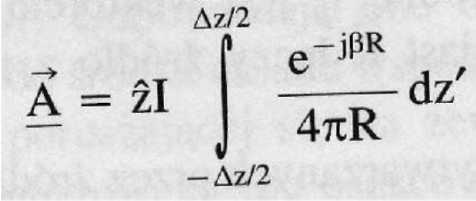
Anteny\_i\_fale\_w4. Dipol idealny. Parametry anten - charakterystyka promieniowania, kierunkowość, zysk energetyczny, apretura maksymalna i powierzchnia skuteczna, polaryzacja anteny. Bilans energetyczny łącza i równanie radarowe.



z

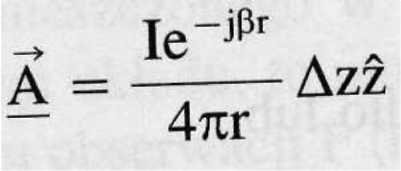
Dipol idealny z równomiernym rozkładem prądu (dipol Hertza)

X



Ponieważ Az jest b. małe w porównaniu z długością fali oraz R, odległość R między punktami na dipolu i punktem obserwacji jest w przybliżeniu równa odległości r między początkiem układu współrzędnych i punktem obserwacji P. Otrzymujemy więc:

Mając potencjał wektorowy pola A, można obliczyć wektory pola E i H, posługując się podanymi wcześniej wzorami określającymi pola te w zależności od potencjału A. We wzorach tych występują operacje gradientu, divergencji i rotacji, które w układzie współrzędnych sferycznych przebiegają następująco:



• gradient

1 dg

\_+0i. i« + (   
dr r dO rsin0d(

• divergencja 1 d

r2 dr

(r 2Gr) +

r

1

sinOdO

(Ge sin 0) +

1 dG

rsinO d(

• rotacja

de

= r

— - 1 r d

Vx G

r sinO

(G( sinO)

+ 0-

r

d

dGe 1 -1 f 1 dGr d

sinO d( dr

r

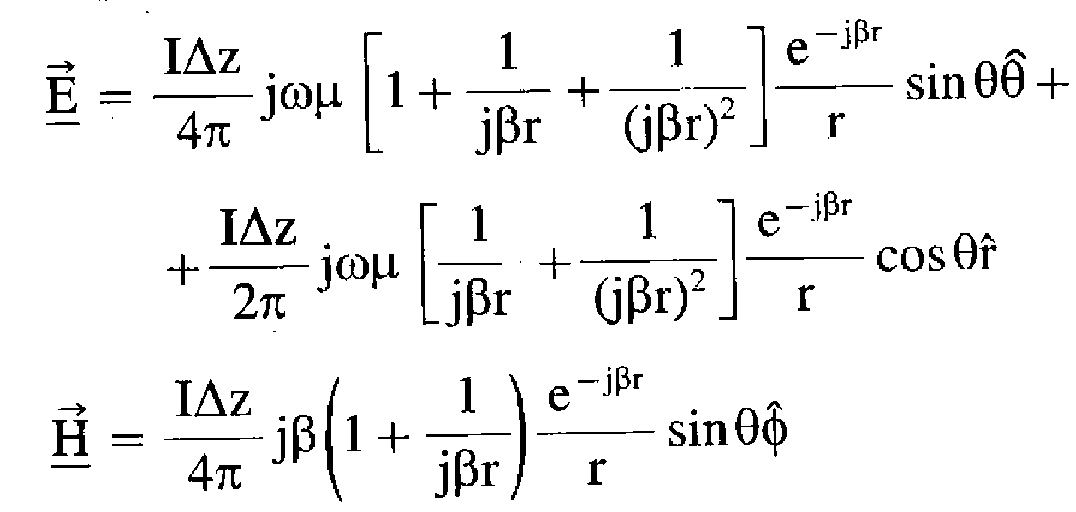
1 f d

dr

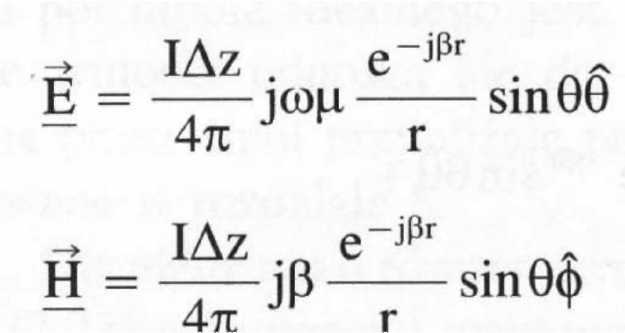
G )1

de

Pole elektryczne wytwarzane przez dipol idealny ma w ogólności dwie składowe Er i Ee, natomiast pole magnetyczne - składową H>. Struktura pola zmienia się w zależności od odległości obserwacji. Wszystkie właściwości charakterystyczne dla strefy bliskiej, pośredniej Fresnela oraz promieniowania (strefy dalekiej, Fraunhofera) znajdują tutaj potwierdzenie. Dla strefy dalekiej pozostają tylko składowe Ee i H<j>:



W rezultacie pola E i H są postaci:

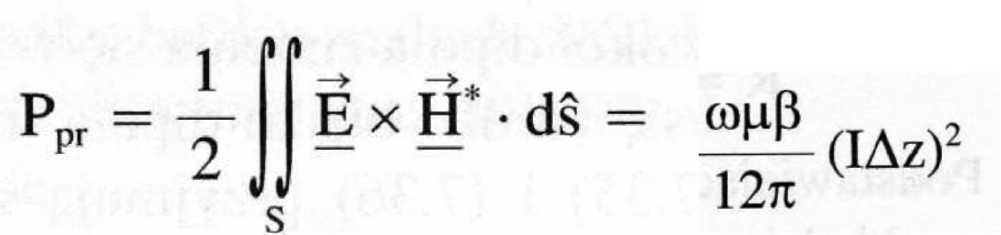


— E

= 7]j3lAz e 4n

r

sin 6



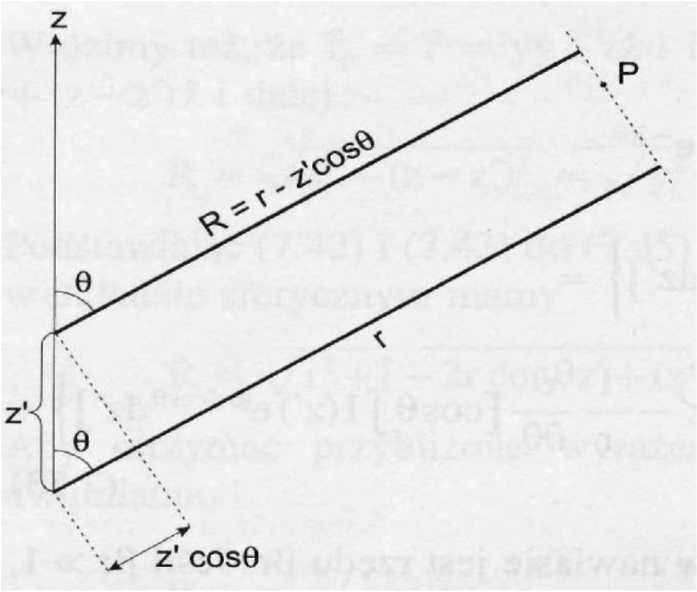
Moc z wektora Poyntinga

7

n rad = ^ 3

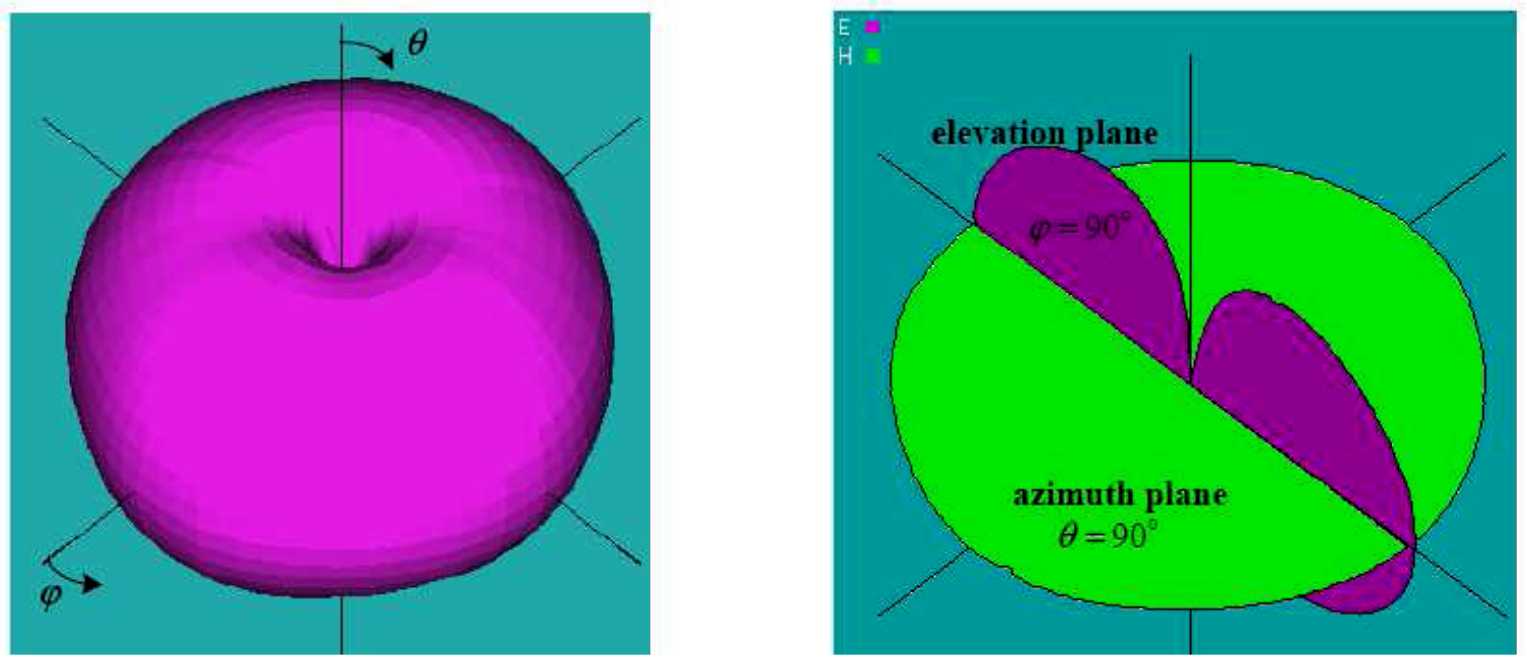
J

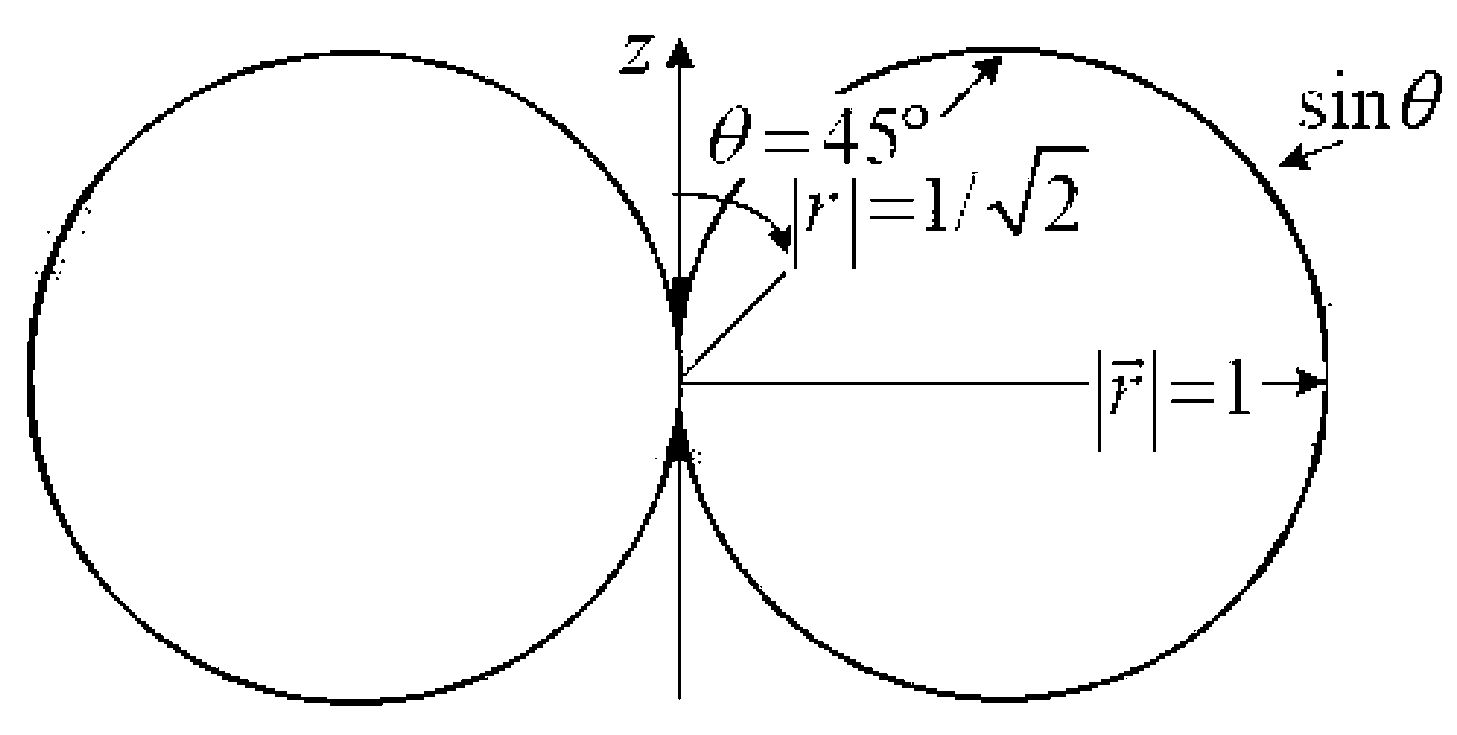
W podobny sposób można przeprowadzić analizę dla dowolnej anteny liniowej, np. dipola półfalowego. Zależność od zmiennej 3> wynika z rozkładu prądu wzdłuż źródła liniowego i zależności fazowych wynikających z rozkładu źródeł punktowych na długości dipola.



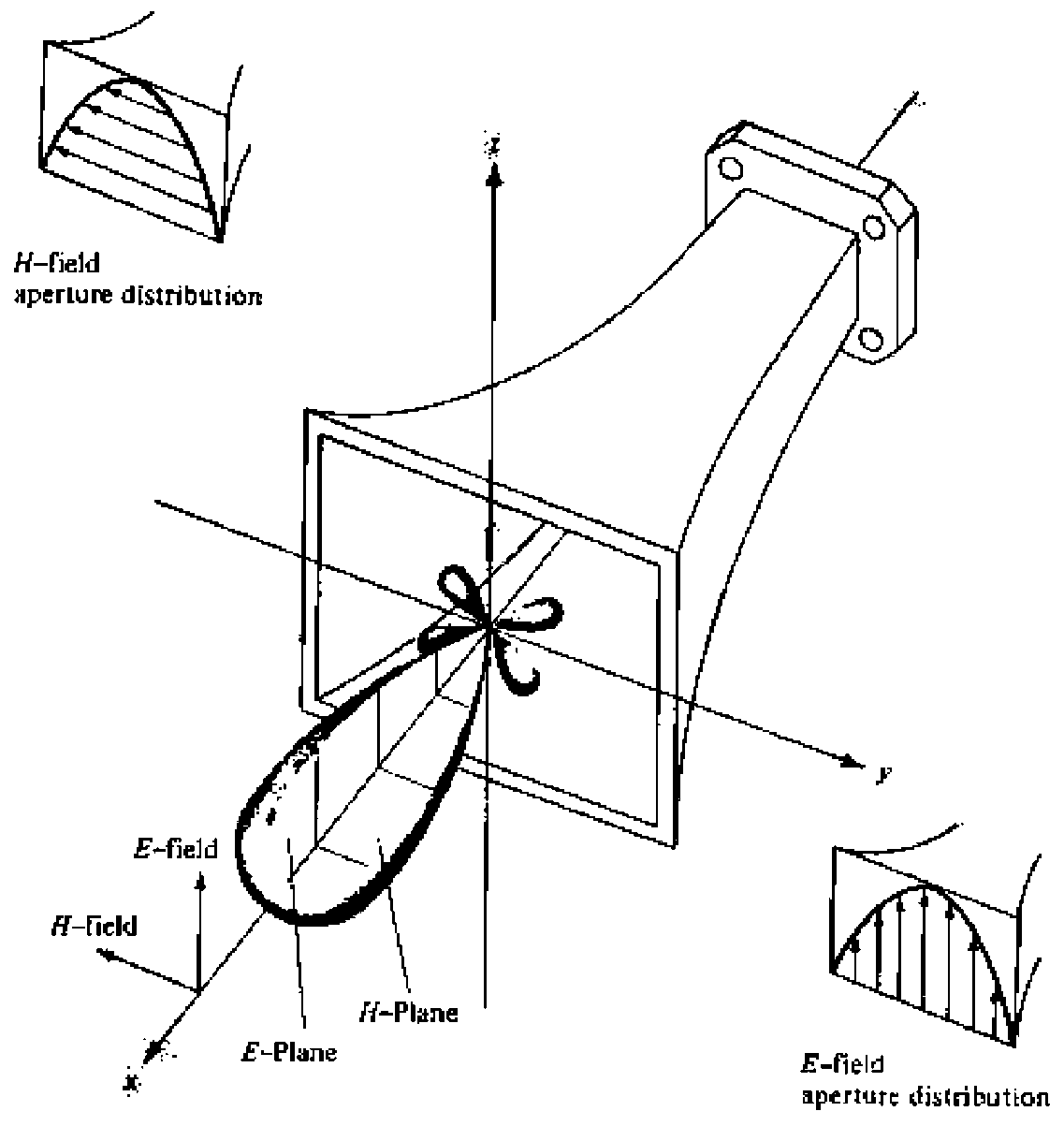
Przybliżenie promieniami równoległymi dla źródła liniowego

Charakterystyka promieniowania anteny stanowi reprezentację właściwości promieniowania anteny w polu dalekim (oczywiście) w zależności od współrzędnych przestrzennych 3> i 0. Charakterystyka ta może być reprezentowana funkcją rozkładu przestrzennego bądź natężenia pola E bądź mocy odebranej. Możemy mówić o charakterystyce amplitudowej bądź o charakterystyce mocy. Zawsze wykreślamy ch-ki promieniowania unormowane względem pola lub mocy wypromieniowanej w kierunku maksymalnego promieniowania. Jeśli charakterystyki te wykreślimy przyjmując miarę dB, będą one identyczne. Ch-ki te mogą być wykreślone w przestrzeni 3D lub w przekroju 2D: często mierzymy w płaszczyźnie pola E i w płaszczyźnie pola H.





Ch-ki dipola idealnego

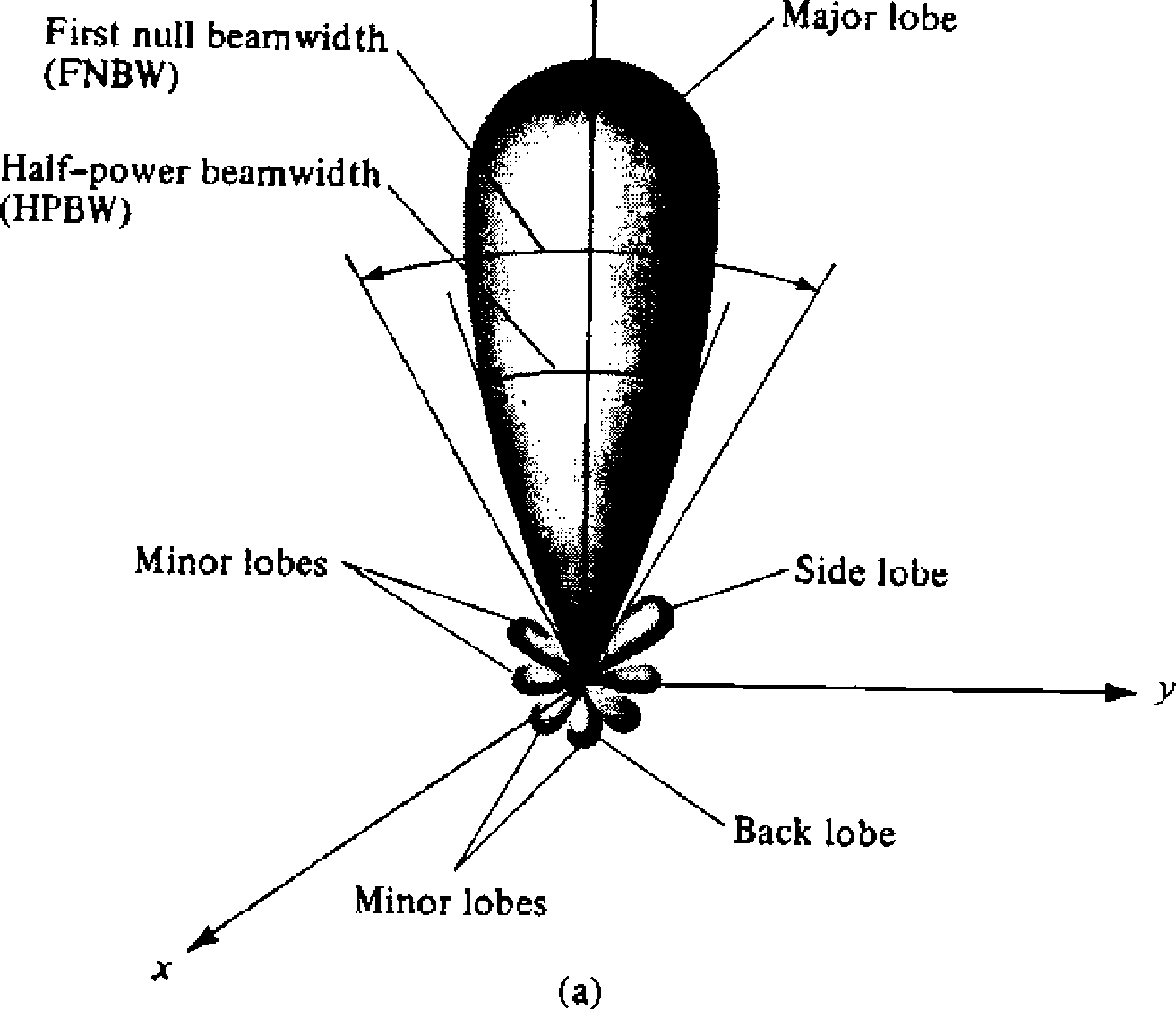


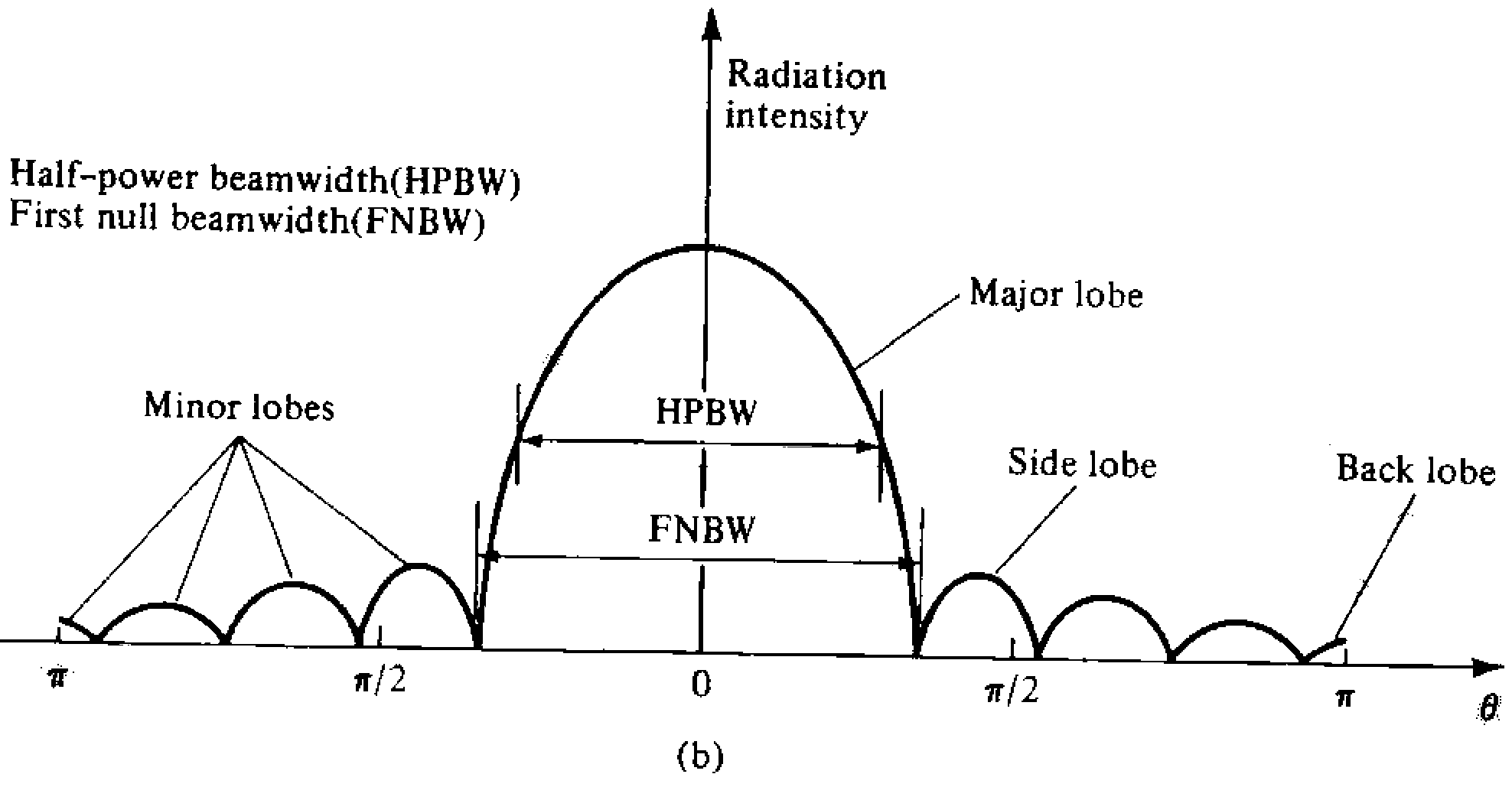
Aperturowa falowodowa antena rożkowa i jej charakterystyka promieniowania

K. SACHSE, ANTENY I FALE 2007

2 i

(a) Charakterystyka przestrzenna 3D promieniowania anteny





(b) Ch-ka tej samej anteny ale w wybranej płaszczyźnie, wykreślona w układzie współrzędnych

prostokątnych

Unormowana ch-ka promieniowania

- dipola idealnego

F(0) = sin 0

- źródła liniowego

F (6) = sin

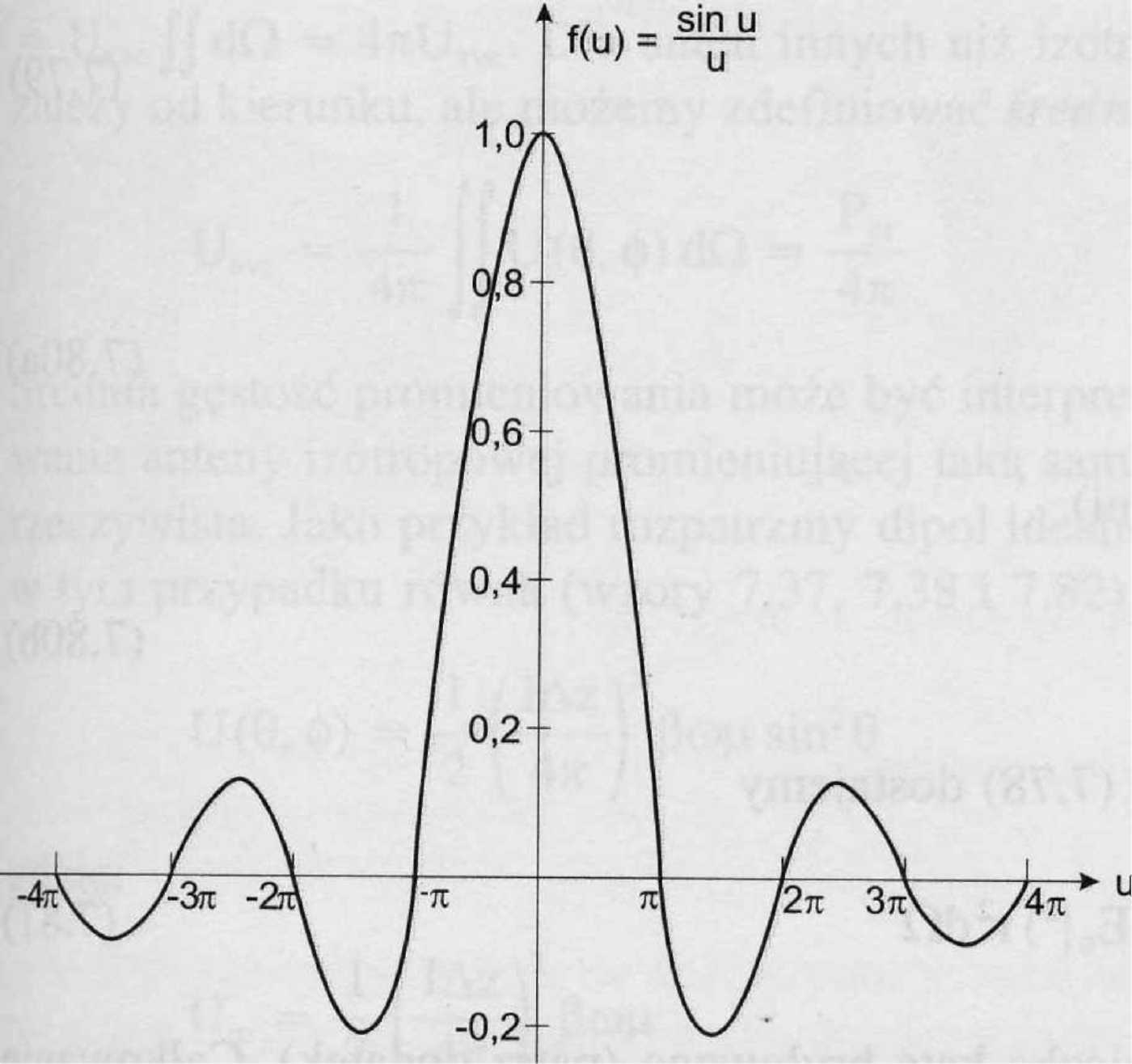
„sin[(/?L / 2) cos 6]

/ Ot i

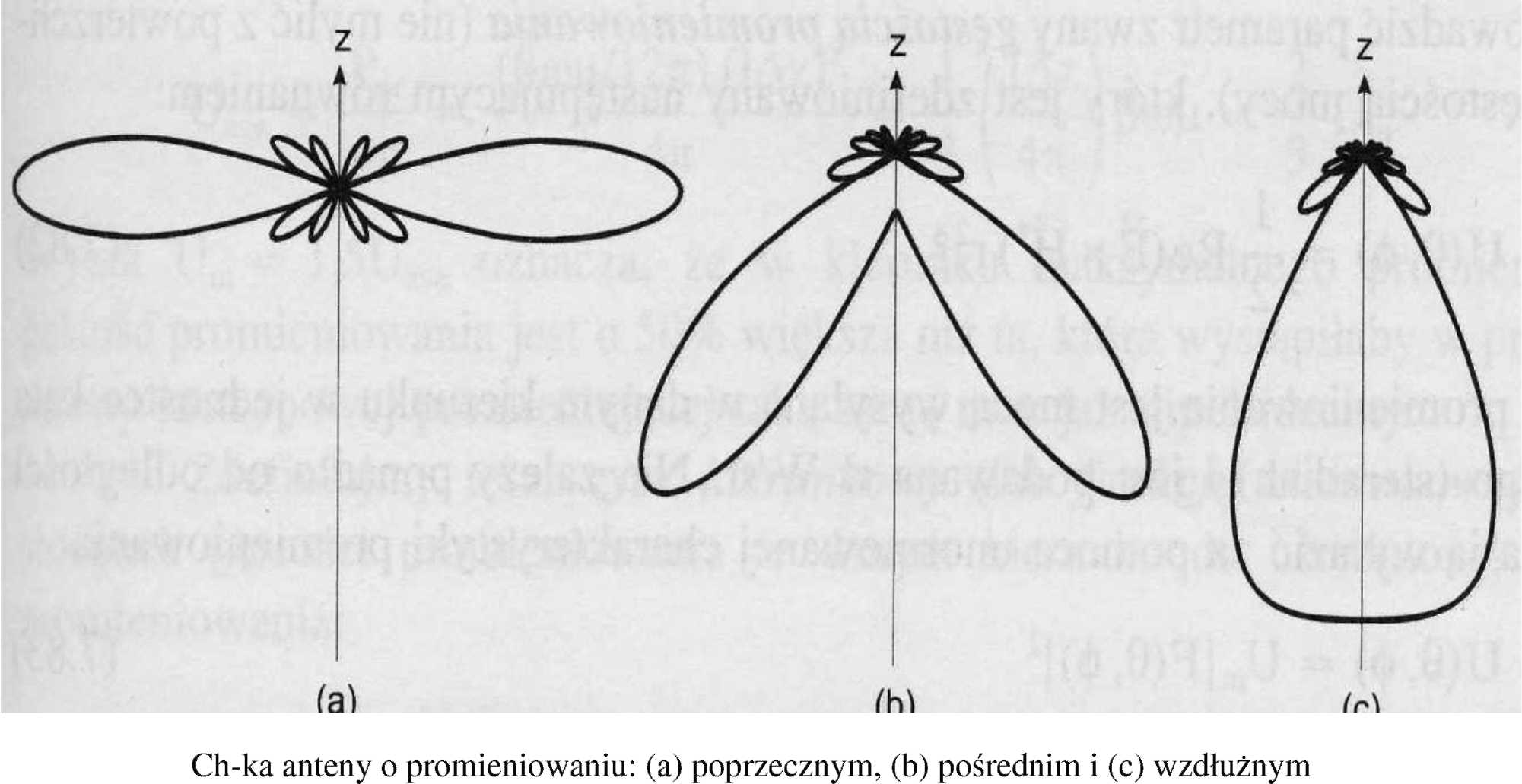
{/3L / 2) cos 6)

F( 0, <P) = g( 0, <P) f( 0, <P) g( 0, <P) - ch-ka nieskończenie małego elementu z prądem, zwana ch-ką elementu, a f( 0, <P) - ch-ką układu.

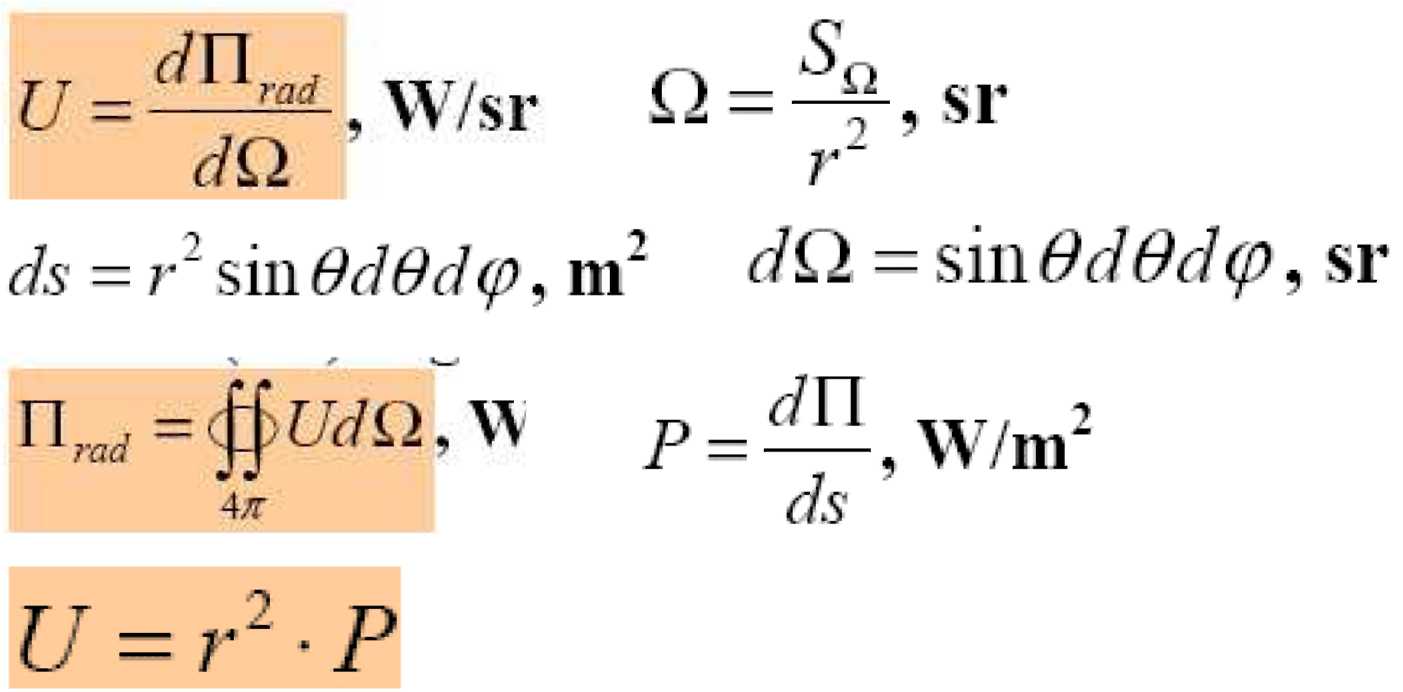
K. SACHSE, ANTENY I FALE 2007



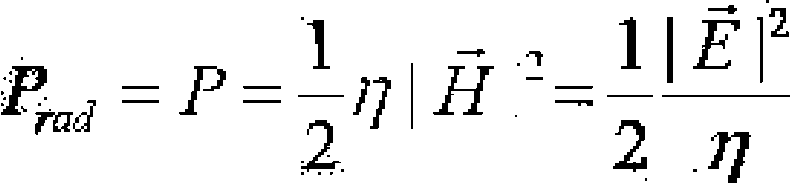
Ch-ka promieniowania źródła liniowego o długości L i u = ßL/2)cos0

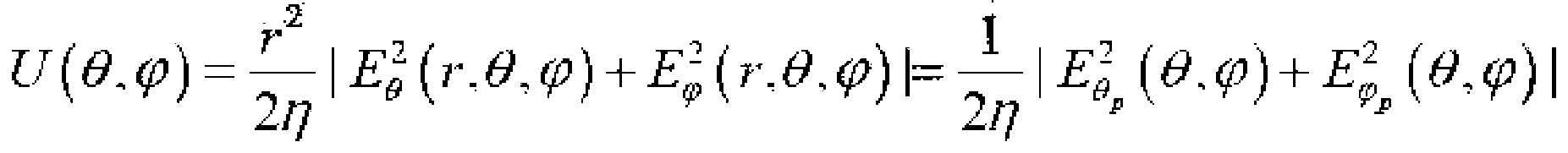


Gęstość promieniowania w danym kierunku - moc wypromieniowana w danym kierunku w obrębie jednostkowego kąta bryłowego (w steradianach):



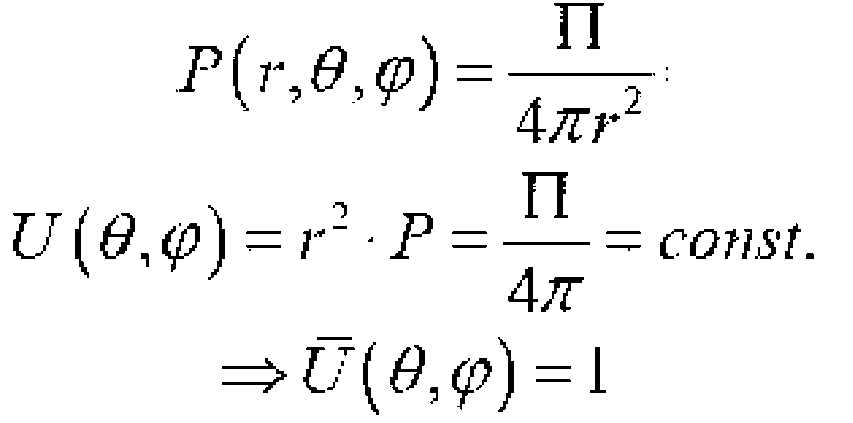
P - gęstość powierzchniowa mocy (moduł wektora Poyntinga). Gęstość promieniowania U jest funkcją tylko kierunku (0, nie zależy od r!





Gęstość U(0, 3>) można wyrazić za pomocą unormowanej ch-ki promieniowania: U(0, \*) = Um |F (0, \*) |2

Gęstość promieniowania i ch-ka promieniowania źródła izotropowego:

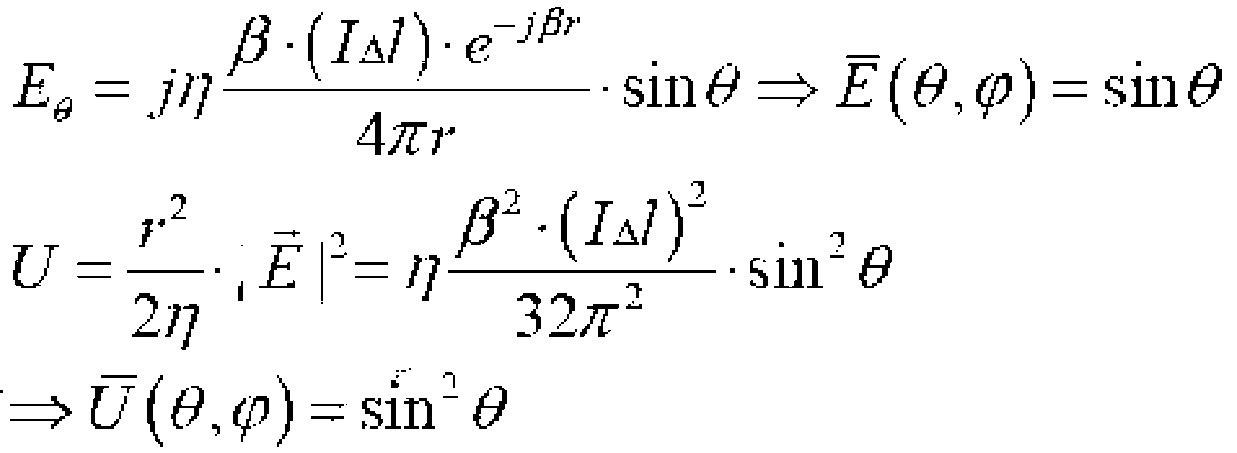


•

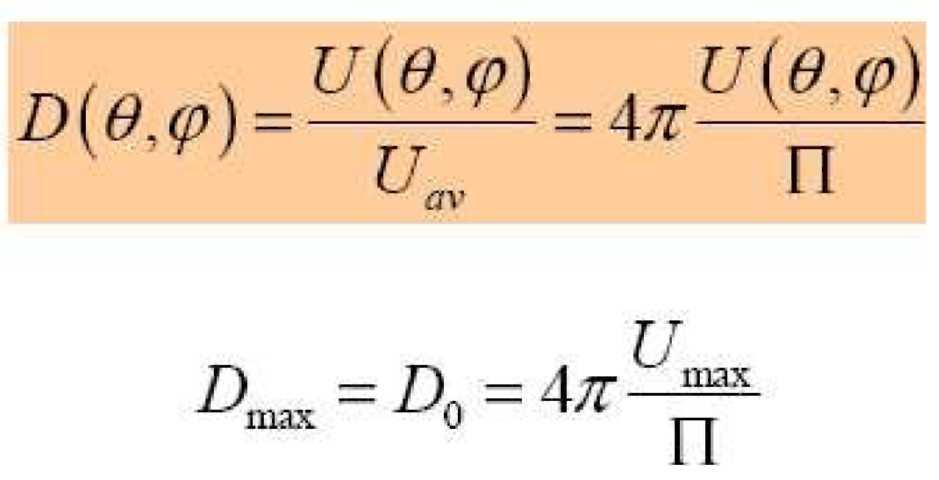
Przykłady:

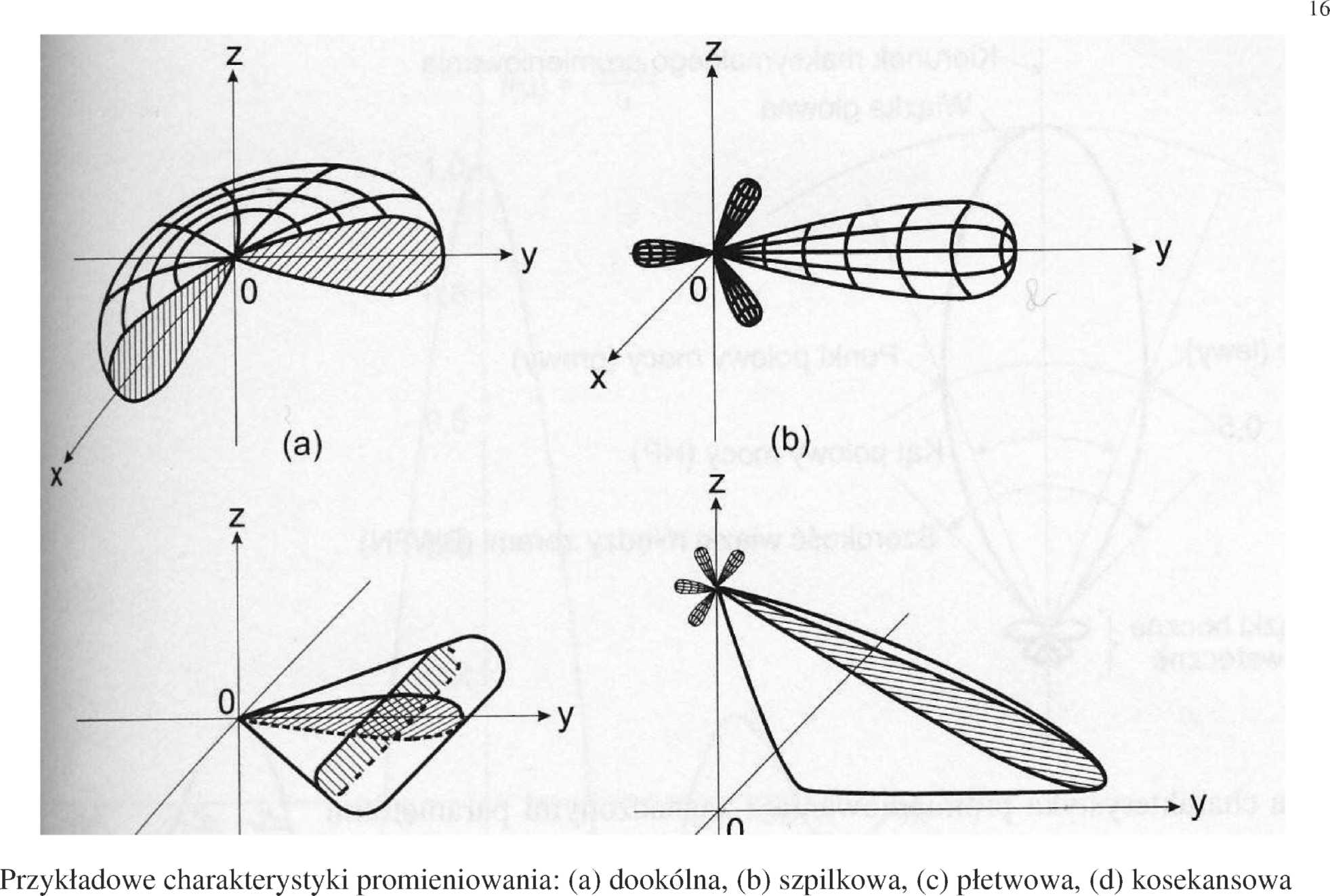
Kierunkowość anteny, zwaną też zyskiem kierunkowym lub funkcją kierunkowości, definiujemy jako stosunek gęstości promieniowania w danym kierunku do uśrednionej gęstości promieniowania:

•

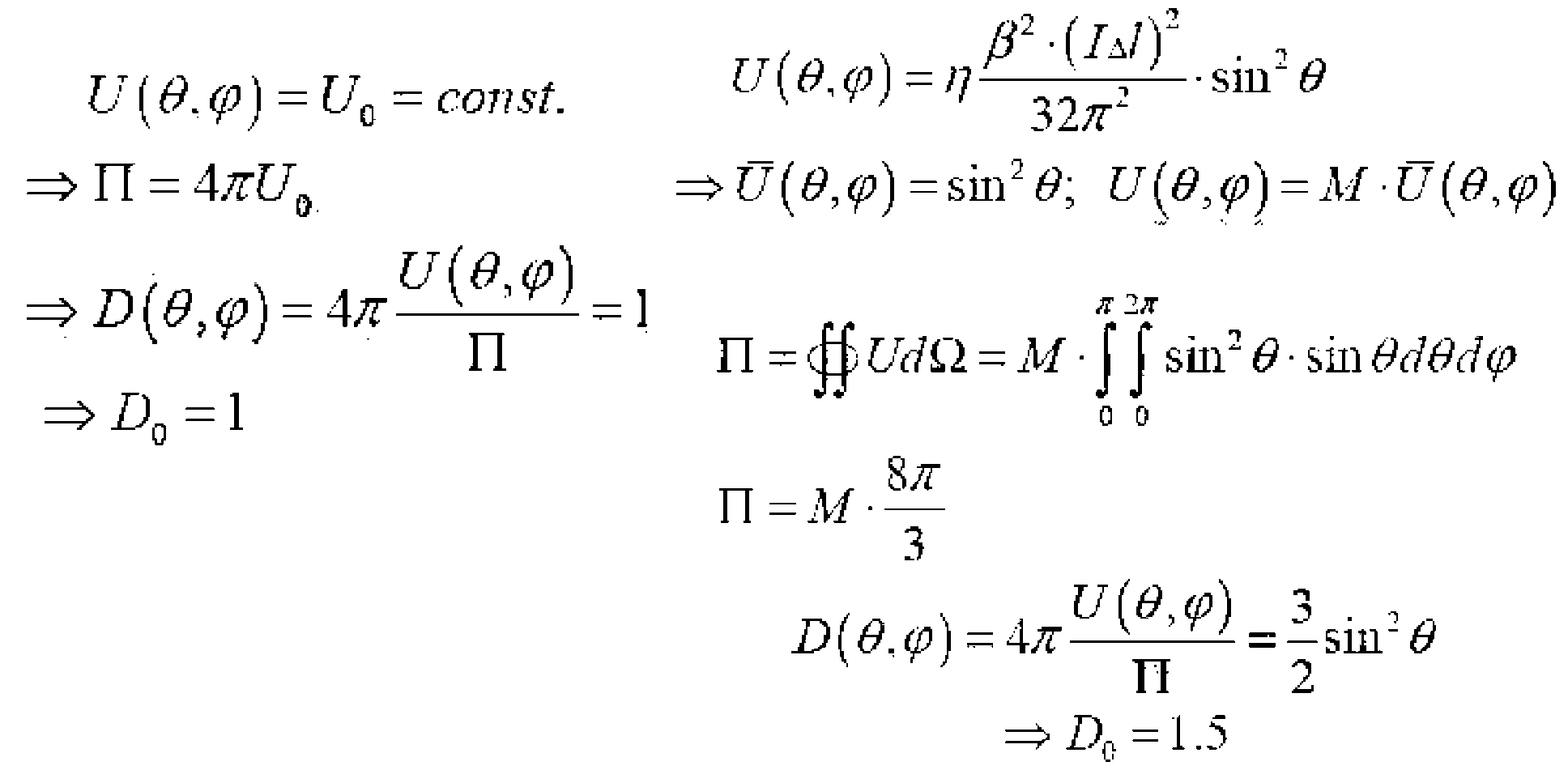


Gęstość promieniowania i ch-ka promieniowania dipola idealnego:





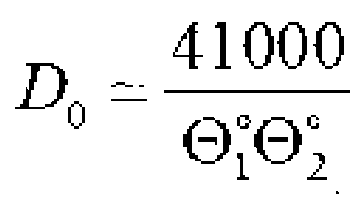
Przykłady obliczania kierunkowości:



Dipol idealny

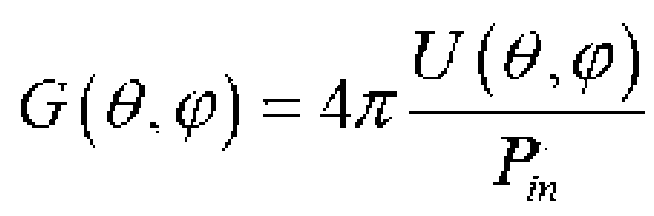
Źródło izotropowe

Kierunkowość zwykle wyraża się w dB. Kierunkowość D oznacza, że gęstość promieniowania w kierunku maksymalnego promieniowania jest D razy większa w porównaniu z gęstością wytwarzaną przez antenę izotropową promieniującą identyczną moc jak antena badana. Jest ona całkowicie określona ch-ką promieniowania. W przypadku anten o b. wąskiej wiązce głównej (~ 1°, np. anten parabolicznych) i małych poziomach listków bocznych, można obliczyć kierunkowość z przybliżonego wzoru:



0- kąty połowy mocy w płaszczyźnie E i H wyrażone w stopniach.

Zysk anteny - stosunek gęstości promieniowania w danym kierunku do gęstości wytwarzanej przez antenę promieniującą izotropowo:



Jeśli antena jest układem bezstratnym, tj. kiedy Pin = n,

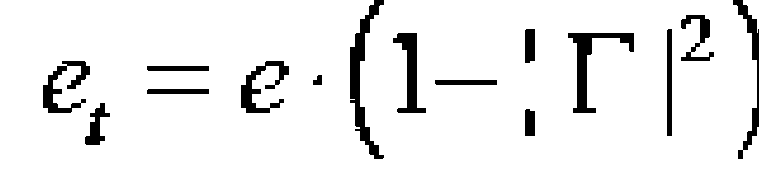
G(0, <£) = D(0, <X>). Ponieważ n < Pin (chyba, że mamy do czynienia z anteną zawierającą elementy aktywne), G < D.

U=e-Ptn, e<\

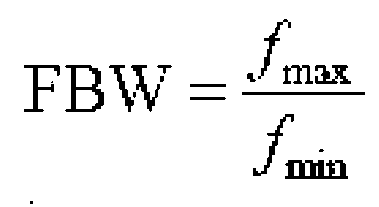
e -sprawność promieniowania, albo wręcz anteny

Gt ^p^y \_d\_ \*\*p\*-y ^

Jeśli nie ma strat z powodu niedopasowania polaryzacyjnego

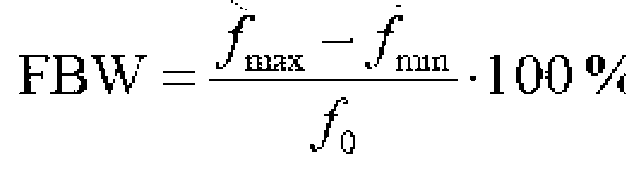


W przypadku ultraszerokopasmowych anten nawet 40: 1

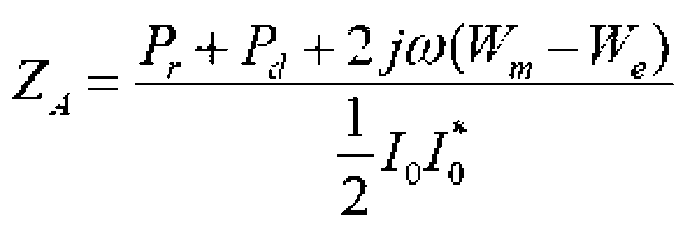


Szerokość pasma

W przypadku anten wąskopasmowych

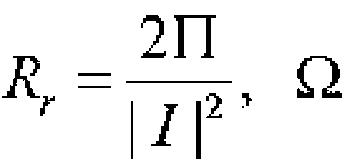


Impedancja wejściowa anteny ZA = RA + jXJa obliczamy z wyrażenia:

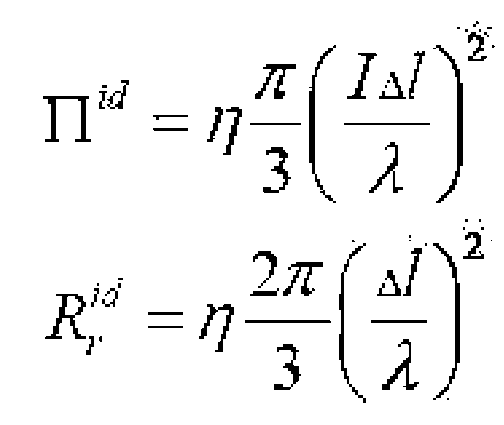


gdzie: Wem - średnia energia zmagazynowana w polu elektrycznym/magnetycznym w strefie bliskiej promieniowania anteny.

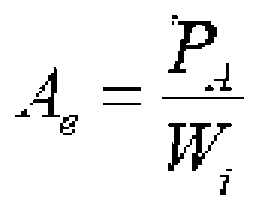
Apertura maksymalna i powierzchnia skuteczna - stosunek średniej mocy doprowadzonej do anteny do gęstości powierzchniowej strumienia mocy fali płaskiej dochodzącej do anteny, dopasowanej polaryzacyjnie do badanej anteny:



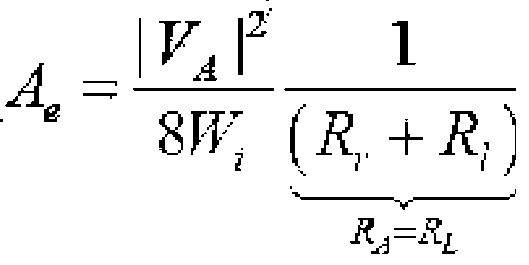
Rezystancja Rr:

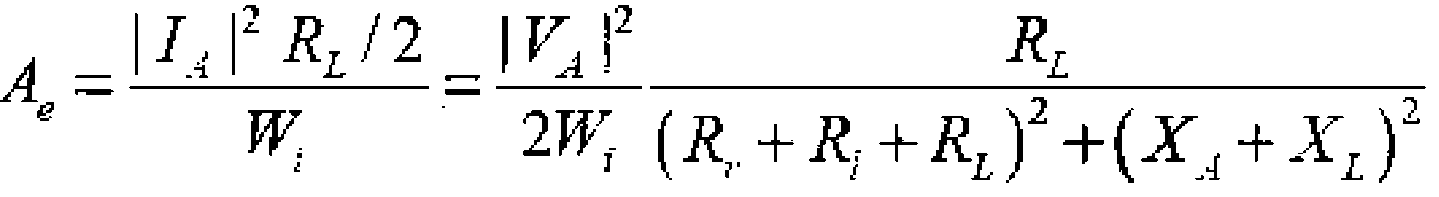


Dla dipola idealnego:



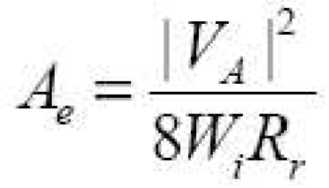
Wt - uśredniony wektor Poyntinga fali padającej.



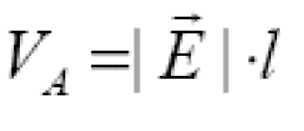


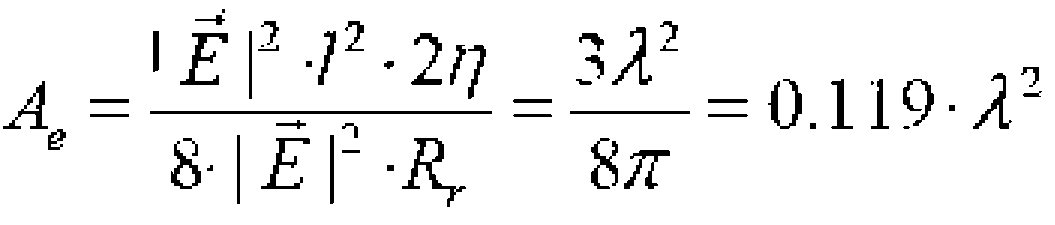
W przypadku dopasowania na wartości zespolone sprzężone:

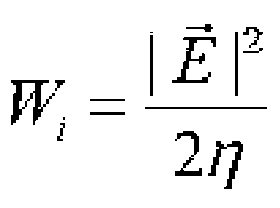
Przykład: Dipol idealny (b. krótki) Pomijając straty



i uwzględniając, że

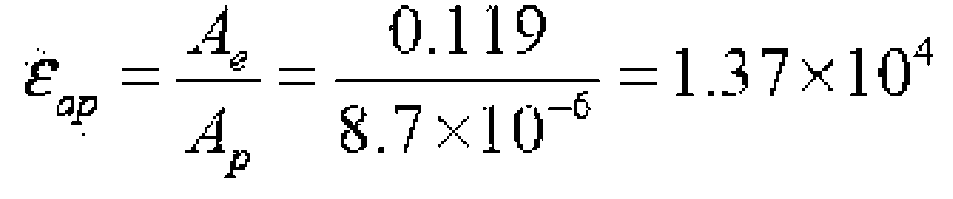






oraz

otrzymujemy



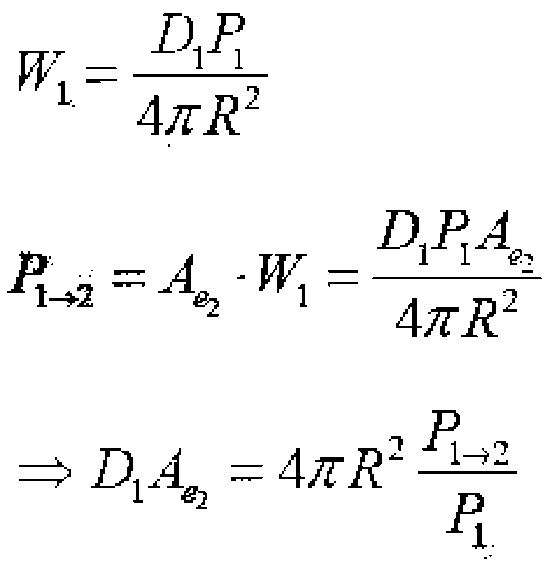
Dla anteny parabolicznej £ap = 60%.

Dla dipola o parametrach l = A/50 i d (średnica drutu) = A/300, współczynnik wykorzystania apertury (apertura do powierzchni fizycznej)

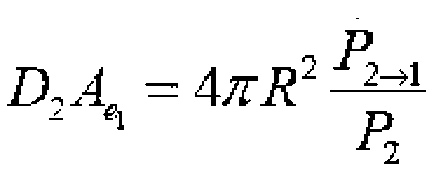
Związek między kierunkowością i apertura anteny

Wykażmy najpierw, że Do/Ae jest wielkością stałą, niezależną od typu anteny: Dowód: Mamy dwie anteny A1 i A2. Niech najpierw A1 jest anteną nadawczą, A2 - odbiorczą. Odległość między antenami

jest R.

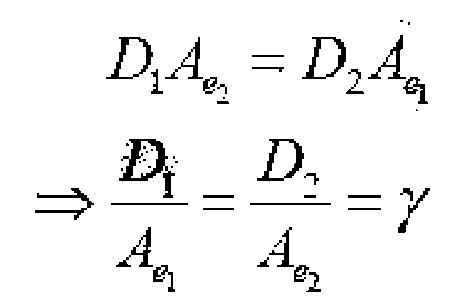


Zamieńmy role anten: antena A1 jest teraz anteną odbiorczą, A2 - nadawczą. Można napisać:

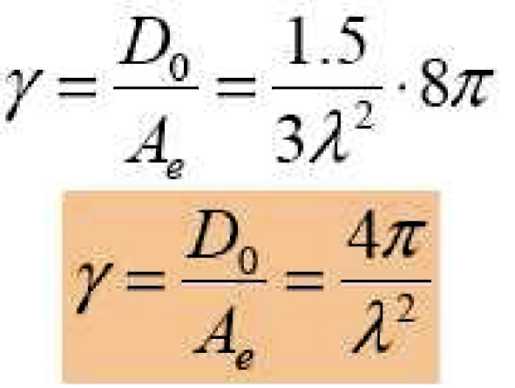


Jeśli P1 = wówczas, zgodnie z zasadą wzajemności, P1^2 = P2\_^. Otrzymuje się

Y - wielkość stała (dla każdej anteny), którą łatwo można obliczyć dla dipola idealnego:



Transmisyjny wzór Friisa, zwany też bilansem energetycznym mikrofalowych łączy radiowych:



D P A

R

P

4nr

2

(4 nr)

P

2T

(4 nr)

PR(dBW) = Px(dBW) + Gx(dB) + GR(dB) - L(dB)

gdzie L(dB) - tłumienie wolnej przestrzeni równe 20 log (47tr/X).

Równanie radarowe:

Uśredniona powierzchniowa gęstość mocy padającej na monitorowany obiekt:  
S T G T eT

pad~ 4nr2 T~ X2 r2

Moc przechwycona i odbita w przestrzeń

Podb = a Spad, gdzie a - skuteczna powierzchnia odbicia.

P = A Podb = = P AeRAeTa = p XGRGTa

Pr AeR 4nr2 ... Pt 4nr4 XX P (4n)3r4

Moc w odbiorniku przy ustalonych zyskach anten jest wprost proporcjonalna do kwadratu długości fali i odwrotnie proporcjonalna do czwartej potęgi z odległości.

Długość (wysokość) skuteczna anteny:

- odbiorczej

Uoc = ksk El

- nadawczej

hsk Imax = /I(Z) dz

Można powiązać wysokość skuteczną anteny z rezystancją promieniowania i jej powierzchnią skuteczną:

2

4 R

pr

4R

pr

Moc ta jest jednocześnie równa

1

Po porównaniu otrzymujemy

2

R A

pr ej]