1. **Zapisz równania Maxwella w postaci całkowej i podaj ich interpretację fizyczna.**

Prawo Faradaya - Zmienne w czasie pole magnetyczne wytwarza pole elektryczne

Pod wpływem zmian strumienia magnetycznego indukuje się w ramce przewodzącej siła elektromotoryczna równa szybkości zmian strumienia, a jej zwrot jest taki, że indukowany prąd wywołuje pole magnetyczne przeciwdziałające zmianom pola zewnętrznego.



Prawo Ampera rozszerzone przez Maxwella - Przepływający prąd oraz zmienne pole elektryczne wytwarzają wirowe pole magnetyczne



Prawo Gaussa dla elektryczności - Źródłem pola elektrycznego są ładunki



Prawo Gaussa dla magnetyzmu - Pole magnetyczne jest bezźródłowe, linie pola magnetycznego są zamknięte



**D** – indukcja elektryczna [ C / m²]

**B** – indukcja magnetyczna [ T ]

**E** – natężenie pola elektrycznego [ V / m ]

**H** – natężenie pola magnetycznego [ A / m ]

*ΦD* – strumień indukcji elektrycznej [ C = A·s]

*ΦB* – strumień indukcji magnetycznej [ Wb ]

1. **Warunki brzegowe opisujące zachowanie się pola e.m. na granicy dwóch ośrodków (równania, jakie spełniają wektory pola ma granicy rozdziału ośrodków) i zachowanie się fali płaskiej padającej prostopadłe i ukośnie na granicę dwóch** ośrodków.

Bezstratne dielektryki – składowe normalne wektorów D i B oraz styczne wektorów E i H są ciągłe



Dielektryk i idealny przewodnik (σ = ∞) – zanika składowa styczna pola elektrycznego na powierzchni idealnego przewodnika oraz składowa normalna wektora B i H



Fala padająca prostopadle na granicę dwóch ośrodków

Załóżmy, że fala rozchodzi się wzdłuż osi z, jest spolaryzowana liniowo (występuje tylko składowa Ex) oraz granica między ośrodkami leży w płaszczyźnie z = 0. W obszarze z <0 może istnieć fala odbita od granicy ośrodków. Można wprowadzić zespolone współczynniki odbicia i transmisji pola elektrycznego G i T. Stosując warunki brzegowe otrzymujemy:



Fala padająca ukośnie na granicę dwóch ośrodków

Załóżmy, że mamy dwa bezstratne ośrodki. Kąty padania, odbicia i załamania oznaczmy odpowiednio θi, θr i θt. Należy oddzielnie rozpatrzyć przypadek fali, której wektor pola elektrycznego leży w płaszczyźnie padania (polaryzacja równoległa) i przypadek fali, której wektor pola elektrycznego jest prostopadły do płaszczyzny padania (polaryzacja prostopadła).

1. **Podaj charakterystyczne cechy dwóch systemów telekomunikacyjnych: transmisji przewodowej i radiokomunikacji. Uzasadnij zalety łącza radiowego, porównując tłumienia wprowadzane przez systemy przy transmisji na duże odległości.**

Dwa systemy - teletransmisji przewodowej i radiokomunikacji *z* wykorzystaniem wolnej przestrzeni jako radiowej linii transmisyjnej i dwóch anten - po stronie nadawczej i odbiorczej.

Systemy przewodowe czy kablowe są atrakcyjne ekonomicznie w przypadku obszarów o dużej populacji, telefonia, wolna transmisja cyfrowa, skrętka wprowadza tłumienie ok. 2-3 dB/km przy częstotliwości ok. 10 kHz. Przy wyższych częstotliwościach (TV i transmisja sygnałów cyfrowych o większej szybkości) konieczne są kable współosiowe, wprowadzające tłumienie 4-5 dB/km. Najmniejsze zniekształcenia i straty wprowadzają światłowody: 850 nm (około 2,3 dB/km), 1300 nm i 1550 nm *(=* 0.25 dB/km). Podstawową cechą wszystkich linii transmisyjnych jest eksponencjalny wzrost mocy traconej wraz z odległością. W ten sposób, jeśli linia wprowadza tłumienie 5 dB/km, wtedy 20 km odcinek toru wprowadzi 100 dB tłumienie (moc doprowadzona do wejścia zmniejszona jest 10^-10 razy!), a 40 km odcinek aż 200 dB. Wyjaśnia to dlaczego systemy bezprzewodowe są korzystniejszym rozwiązaniem dla telekomunikacji na duże odległości. W łączności bezprzewodowej moc wypromieniowana maleje z kwadratem odległości między nadajnikiem i punktem odbioru. Zwiększenie dwukrotne odległości zredukuje moc 4 razy (trzeba dodać 6 dB). W ten sposób, jeśli system wprowadza tłumienie 100 dB przy r = 20 km, przy dwukrotnie zwiększonej odległości tłumienie wzrośnie do 106 dB (porównajmy z 200 dB stratami wprowadzanymi przez system transmisji kablowej).

**Tłumienie wprow. przez tor współosiowy i wolną przestrzeń f=100MHz**

500

100

50

150

0

100

200

300

400

0

Dystans [m]

Radio link

Coax: 0,21 dB/m

1. **Zdefiniuj efektywną powierzchnię/aperturę anteny i podaj związek miedzy kierunkowością i apertura.**

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



Wt – uśredniony wektor Poytinga fali padającej

Związek apertury z kierunkowością anteny:

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



1. **Unipol λ/4, charakterystyka promieniowania, kierunkowość i impedancja wejściowa,**

Unipol jest dipolem skróconym w części środkowej o połowę i zasilany względem ziemi. Najczęściej stosowane są unipole o długości A/4, znajdują zastosowanie także anteny unipolowe krótsze, wtedy kiedy zachodzi potrzeba stosowania możliwie krótkich anten. Rozkład prądu można wówczas aproksymować funkcją liniową, maksimum występuje w punkcie zasilania. Pionowe unipole są lub były stosowane przede wszystkim jako anteny stacji radiowych AM (f = 500 - 1500 kHz, A = 200 - 600 m), ponieważ są one najkrótszymi efektywnymi antenami dla tego zakresu częstotliwości, a zarazem pionowo spolaryzowane fale, których źródłem jest rozważana antena radiowa AM, rozchodzą się horyzontalnie z mniejszym wówczas tłumieniem. Istotne jest dobre uziemienie anteny monopolowej, które uzyskuje się dzięki wielu promieniście ułożonym drutom lub prętom o długości 0.25-0.35A, zakopanym w ziemi, które dobrze symulują doskonałą płaszczyznę przewodzącą.

Charakterystyczne cechy:

* Rozkład pola taki sam jak dla dipola w wolnej przestrzeni.
* Prądy i ładunki na monopolu są takie same jak w górnej połówce dipola. Napięcie na zaciskach monopola jest jednak o połowę mniejsze. W rezultacie *Z*inmp *= ½ Z*in dp.
* W porównaniu z dipolem, moc wypromieniowana przez monopol jest o połowę mniejsza (monopol promieniuje tylko w połowie przestrzeni, rozkłady pola są takie same). W konsekwencji:



1. **Zdefiniuj długość (wysokość skuteczną) anteny i wyraź ją w zależności od rezystancji promieniowania i apertury anteny.**

- odbiorczej



- nadawczej



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





1. **Charakterystyki promieniowania liniowych układów antenowych dla najczęściej stosowanych rozkładów amplitudy.**

Zazwyczaj wiązki promieniowania anten 1-elementowych są za szerokie, anteny te charakteryzują się względnie niewielkim zyskiem/ kierunkowością. Dużą kierunkowość można pozyskać konstruując anteny o wymiarach znacznie większych od λ. Pojawiają się wtedy jednak boczne listki promieniowania, a ponadto problemem stają się niewygodne technologicznie kształty i wymiary. Innym sposobem zwiększenia wymiarów elektrycznych anteny jest stosowanie wieloelementowych układów antenowych o na ogół identycznych elementach, takich jak dipole, pętle, apretury, elementy mikropaskowe. Pole tworzone przez układ antenowy jest wektorową superpozycję pól promieniowanych przez poszczególne elementy.

Na ch-ki wypadkowe układu antenowego wpływać można poprzez:

* Dobór geometrii całego układu (układ liniowo rozłożonych promienników, kołowo, sferycznie, w obszarze prostokąta, etc.).
* Dobór odległości między elementami.
* Dobór odpowiedniego rozkładu amplitud pobudzających poszczególne promienniki, a także zapewnienie odpowiednich zależności fazowych.
* Kształtowanie ch-k promieniowania poszczególnych elementów promieniujących.

Układ 2-elementowy:

Unormowana ch-ka promieniowania jest iloczynem dwóch funkcji, reprezentujących właściwości promieniujące elementów tworzących układ i samego układu (liczby i geometrii elementów, względnych amplitud i faz sygnałów pobudzających):



Funkcje ch-czne AF układu BSA z niejednorodnymi rozkładami amplitudowymi

N = 5, d = λ/2, θ0 = 90°

a) jednorodny



b) trójkątny (1:2:3:2:1)



c) dwumianowy (binomial) (1:4:6:4:1)



d) Dolpha-Czebyszewa (1:1.61:1.94:1.61:1)



e) Dolpha-Czebyszewa (1:2.41:3.14:2:41:1)



1. **Oblicz, o ile zwiększy się zysk anteny wykazującej WFS1 = 3 oraz WFS2 = 5,83. jeśli zapewnimy idealne jej dopasowanie impedancyjne, Podać wzrost zysku anteny w mierze dB,** Jakie **inna czynniki wpływają na wartość zysku anteny o danej kierunkowości?**