

Jak transformuje się impedancje przez linie transmisyjną?

Impedancja charakterystyczna Z_0 mikropasku jest funkcją stosunku wysokości do szerokości linii transmisyjnej.

Impedancja charakterystyczna

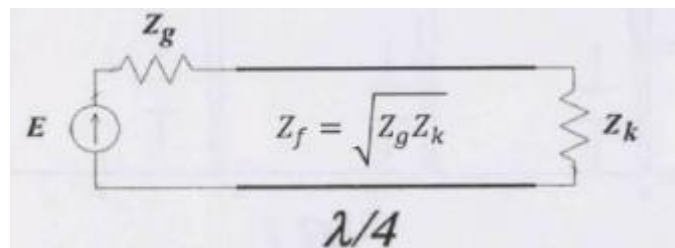
Impedancja charakterystyczna Z_0 mikropasku jest również funkcją stosunku wysokości do szerokości W/H (i stosunku szerokości do wysokości H/W) linii przesyłowej, a także ma osobne rozwiązania w zależności od wartości W/H . Według Bahla i Trivedi [1] impedancję charakterystyczną Z_0 mikropasków oblicza się poprzez:

$$\begin{aligned} &\text{when } \left(\frac{W}{H}\right) < 1 \\ &Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \ln \left(8 \frac{H}{W} + 0.25 \frac{W}{H} \right) \text{ (ohms)} \\ &\text{when } \left(\frac{W}{H}\right) \geq 1 \\ &Z_0 = \frac{120 \pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \times \left[\frac{W}{H} + 1.393 + \frac{2}{3} \ln \left(\frac{W}{H} + 1.444 \right) \right]} \text{ (ohms)} \end{aligned}$$

Ponownie te równania są przybliżone i nie uwzględniają grubości paska. Gdy grubość paska stanowi znaczną część wysokości podłoża, należy zastosować dokładniejsze obliczenia. Sugestia: użyj Linecalc Agilent ADS. Pewnego dnia opublikujemy dokładniejsze równania.

Wzory:

- **Transformator impedancji $\lambda/4$:**



taki transformator ma zastosowanie w przypadku braku dopasowania impedancji nadajnika i odbiornika.

- **Transformata obciążenia przez linie transmisyjne:**

$$Z_K = \frac{U_K}{I_K},$$

gdzie:

Z_K – impedancja obciążająca,

- Długość fali:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

λ - długość fali w metrach
 v - prędkość światła w m/s
 f - częstotliwość w Hz

- Równania Maxwella (dwa główne parametry- stała impedancji i coś z falowa):

Definicja z wykładu: "Równania maxwella jest to układ 4 równań różniczkowych, razem definiują pole elektromagnetyczne. 4 Prawa: Ampere'a, Faradaya, Gaussa dla elektryczności i magnetyzmu."

Lp.	Postać różniczkowa	Postać całkowa	Nazwa	Fizyczne fakty wynikające z równań
1.	$\nabla \cdot \vec{D} = \rho_V$	$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{s} = \int_V \rho_V \cdot dv$	prawo Gaussa dla elektryczności	Źródłem pola elektrycznego są ładunki
2.	$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$	prawo Faradaya	Zmienne w czasie pole magnetyczne wytwarza wirowe pole elektryczne
3.	$\nabla \cdot \vec{B} = 0$	$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$	prawo Gaussa dla magnetyzmu	Pole magnetyczne jest bezźródłowe, linie sił pola magnetycznego są zamknięte
4.	$\nabla \times \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$	$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = I + \frac{d\Phi_D}{dt}$	prawo Ampere'a rozszerzone przez Maxwella	Przepływający prąd oraz zmienne pole elektryczne wytwarzają wirowe pole magnetyczne

gdzie:

- \vec{E} - pole elektryczne, [V / m]
- \vec{H} - pole magnetyczne, [A / m]
- \vec{D} - indukcja elektryczna, [C / m²]
- \vec{B} - indukcja magnetyczna, [T]
- Φ_D - strumień indukcji elektrycznej,
- Φ_B - strumień indukcji magnetycznej,
- j - gęstość prądu, [A/m²]
- ρ - gęstość ładunku
- $\nabla \cdot$ - operator dywergencji, [1/m],
- $\nabla \times$ - operator rotacji, [1/m].

Jak policzyć parametry rozproszenia układu? (jak liczymy współczynnik odbicia i transmisji)

Parametry S11 S21

Mając przypadek dwuwrotowy (dwa porty)

Współczynnik S11 (współczynnik odbicia) określa ile mocy odbiło się od portu 1 jest to różnica impedancji wejściowej podzielonej przez sumę impedancji wejściowej z impedancją charakterystyczną linii. Należy liczyć przy obciążeniu Z_0 .

$$\frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0}$$

Współczynnik S21 (współczynnik transmisji) określa jak nasz sygnał dostał się na wyjście dla wzmacniacza powie na jakie ma wzmocnienie. Możemy go obliczyć ilorazem U_2 przez U_1 i ten iloraz mnożymy raz $(1 + s_{11})$.

$$\frac{U_2}{U_1} (1 + s_{11})$$

przykład: $s_{41} = u_4 / u_1 (1 + s_{11})$

$s_{14} = u_1 / u_4 (1 + s_{44})$

Sprzęgacz gałęziowy - układ złożony z czterech odcinków linii transmisyjnych, dzieli sygnał na określone proporcje, każda linia ma częstotliwość środkową dla której długość elektryczna wynosi 90 stopni to znaczy że linia ma taką długość, że mieści się w niej $\frac{1}{4}$ fali czyli 90 stopni. Układ składa się z dwóch linii ćwierćfalowy ęgacz dzieli nam sygnał na pół, na port drugi z portu pierwszego wysyłany jest sygnał $1/\sqrt{2}$, na trzeci wysyłany jest taki sam sygnał co na drugi tylko przesunięty w fazie, czwarte wrota są izolowane.

Sprzęgacz pierścieniowy - układ złożony z czterech odcinków linii transmisyjnych, dzieli sygnał na określone proporcje, wszystkie impedancje są jednakowe $\sqrt{2} \cdot Z_0$ linia pomiędzy portem 4 a 3 ma częstotliwość środkową dla której długość elektryczna wynosi 270 stopni to znaczy że linia ma taką długość, że mieści się w niej $\frac{3}{4}$ fali, pozostałe linie mają długość w której zmieści się $\frac{1}{4}$ fali czyli 90 stopni. Sprzęgacz dzieli nam sygnał na pół, na port drugi z portu pierwszego wysyłany jest sygnał $1/\sqrt{2}$, na trzeci wysyłany jest taki sam sygnał co na drugi tylko przesunięty w fazie, czwarte wrota są izolowane.

Plusy: Szerokość pasma jest większa niż w obwodach połączonych linii przesyłowych (linia nieprzełona), takich jak sprzęgacz gałęziowy.

Różnice między liniowym i pierścieniowym sprzęgaczem:

- W sprzęgaczu pierścieniowym wszystkie impedancje są jednakowe i wynoszą $\sqrt{2} \cdot Z_0$. W sprzęgaczu gałęziowym linie ćwierćfalowe mają impedancje $Z_0/\sqrt{2}$
- W sprzęgaczu pierścieniowym długość elektryczna jednej linii transmisyjnej (między portem 4 i 3) ma wartość 270 stopni. Ma przesunięcie fazowe 0 lub 180 stopni. W sprzęgaczu gałęziowym wszystkie linie transmisyjne mają tę samą długość elektryczną. Ma przesunięcie fazowe 90 stopni.

Sprzęgacz zbliżeniowy - składa się z sekcji sprzężonej, przedłużonej liniami transmisyjnymi (pady). Ma 4 porty (1-wejście, 2-izolowany, 3 kierunkowy, 4-sprężony). Sygnał z portu 1 trafia do portu kierunkowego. Port 4 jest izolowany, a na port sprzężony trafia sygnał oddzielony (możemy określić ile sygnału chcemy oddzielić).

Teoria sprzęgaczy linii sprzężonych

W przypadku dwóch linii przesyłowych połączonych ze sobą w celu utworzenia sieci czteroportowej muszą wystąpić dwie rzeczy z połączonymi liniami, aby stać się użytecznym łącznikiem o fазie kierunkowości i kwadratury:

- Sprężona sekcja powinna mieć ćwierćfalówkę przy częstotliwości środkowej
 - Iloczyn impedancji w trybie parzystym i nieparzystym musi być równy Z_0^2
-

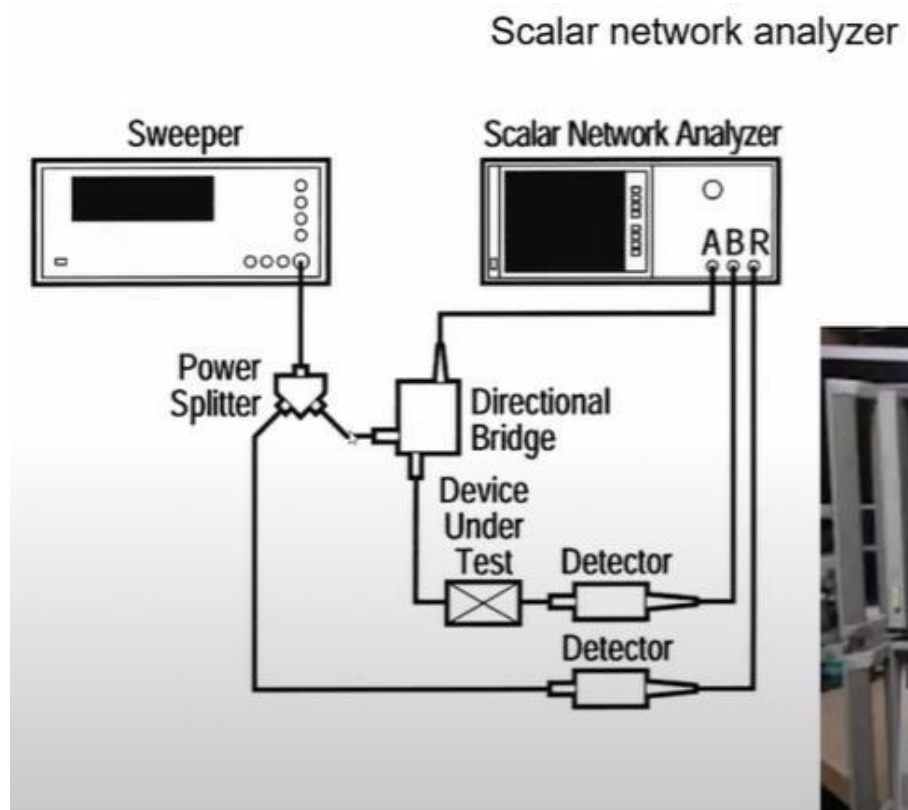
Różnice między liniowym i pierścieniowym sprzęgaczem:

- W sprzęgaczu pierścieniowym wszystkie impedancje są jednakowe i wynoszą $\sqrt{2} \cdot Z_0$. W sprzęgaczu gałęziowym linie ćwierćfalowe mają impedancje $Z_0/\sqrt{2}$
 - W sprzęgaczu pierścieniowym długość elektryczna jednej linii transmisyjnej (między portem 4 i 3) ma wartość 270 stopni. Ma przesunięcie fazowe 0 lub 180 stopni. W sprzęgaczu gałęziowym wszystkie linie transmisyjne mają tę samą długość elektryczną. Ma przesunięcie fazowe 90 stopni.
-
- .
-

Dzielnik mocy Wilkinsona.

Rozdziela sygnał wejściowy na dwa sygnały wyjściowe o jednakowej fazie lub łączy dwa sygnały o jednakowej fazie w jeden. Aby dopasować dzielone porty należy skorzystać z transformatorów ćwierćfalowych. Rezystor izoluje port 2 i 3 na częstotliwości f_0

Skalarny analizator sieci - analizator wie z jaką częstotliwością pracuje sweeper (czyli generator z możliwością przemiatania częstotliwości). Analizator pozwala nam na odczytanie modułu parametrów rozproszenia. Nie mamy możliwości pomiaru fazy, żadnych przesunięć fazowych



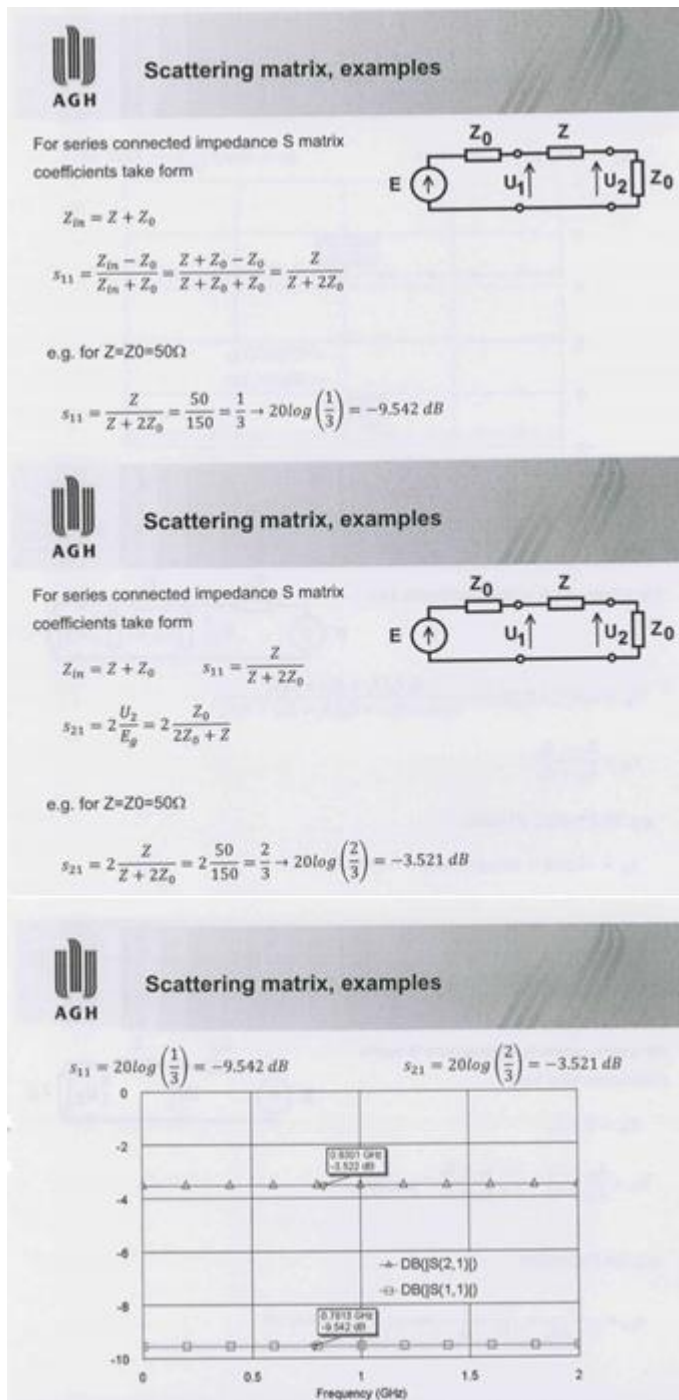
Dwa podstawowe typy analizatorów sieci są

- **skalarne analizatora sieciowego (SNA)** - mierzy tylko właściwości amplitudy
- **Analizator Wektor sieci (VNA)** - mierzy zarówno amplitudę i właściwości faz

DUT przyjmuje wyjście generatora sygnału, kieruje ją do urządzenia badanego i przekierowuje sygnał. W SNA kanał odniesienia może przejść do detektora diodowego (odbiornika), którego sygnał wyjściowy jest przesyłany do automatycznej regulacji poziomu generatora sygnałowego. Efektem jest lepsza kontrola wyjściu generatora sygnału i lepsza dokładność pomiaru

Wektorowy analizator sieci – pozwala na poszerzenie możliwości pomiarowych. Analizator nie liczy już tylko modułu parametrów rozproszenia, ale również fazę układu. Zasada działania analizatora wektorowego opiera się na określaniu S-parametrów badanych urządzeń (kablów, anten, filtrów). Umożliwia prowadzenie pomiarów i strojenie filtrów.

Mamy Generator X Ohm, obciążenie Y impedancji – co zrobić żeby przekazać moc do obciążenia, ile mocy w obecnej sytuacji



Bakelit – termoutwardzalne tworzywo sztuczne wykonane fenolu lub krezolu z formaldehydem i amoniakiem. Stosowane w szafach radiowych, odbiornikach telefonicznych.

FR-4 – jest to podłoże wykonane niedrogiego materiału, mianowicie chodzi o tkaninę z włókna szklanego zatopionego w żywicy epoksydowej. Przenikalność dielektryczna wynosi od 4.35-4.8)

Tand – strata statyczna dielektryka

Rho - rezystywność objętościowa metalu znormalizowana do złota

Przenikalność jest właściwością związaną z ilością ładunku elektrycznego, który materiał może przechowywać w danej objętości. Jednostkami przenikalności są Farady / metr. Przenikalność jest tym, co kontroluje wartość kondensatora poza jego fizycznymi wymiarami. Większość materiałów mikrofalowych ma stałą dielektryczną między 2,2 (PTFE) a 9,9 (tlenek glinu), ponieważ tak wiele materiałów powstaje poprzez zmieszanie tych dwóch materiałów

Sprzęgacze mikrofalowe to urządzenia, które kierują ułamek sygnału z jednej linii transmisyjnej na inną linię transmisyjną. Sygnał wychodzący z portu wyjściowego pierwszej linii transmisyjnej nazywany jest sygnałem „przelotowym” (czasami nazywanym „bezpośrednim”), ponieważ jest bezpośrednio podłączony do portu wejściowego, a sygnał wychodzący z drugiej linii transmisyjnej nazywany jest sygnałem „sprzężonym”. Jeżeli sprzężony sygnał przemieszcza się w tym samym kierunku co sygnał przelotowy, sprzęgacz nazywany jest łącznikiem „fali przedniej”. Łączniki są niezwykle przydatnymi komponentami i znajdują się w prawie każdym używanym systemie mikrofalowym: radarach, radiach, sprzęcie testowym, sprzęcie medycznym, sprzęcie komunikacyjnym, kablowych systemach rozrywki, teleskopach radiowych, skanerach TSA i otwieraczach bram garażowych

Rodzaje sprzęgaczy

Istnieją dwa sposoby projektowania sprzęgaczy: jeden wykorzystujący sprzężone linie przesyłowe, a drugi wykorzystujący połączone elementy obwodu składające się z niezależnych linii przesyłowych lub elementy „skupione”, takie jak idealne kondensatory, cewki indukcyjne, rezystory i transformatory. sprzęgacz sieciowy wywodzi swoją wydajność z elementów obwodów i ich wzajemnych połączeń, a nie z żadnego połączenia między liniami przesyłowymi. Ponieważ są to kuchenki mikrofalowe¹⁰¹, nie będziemy omawiać wersji elementów skupionych, ponieważ w przypadku częstotliwości mikrofalowych elementy te są często używane do modelowania zachowania struktur fizycznych stosowanych w obwodach mikrofalowych.

Kwadratowa właściwość łączników występuje, gdy sprzężona sekcja mają kąt fazowy transmisji które są od siebie oddalone o 90 stopni. Jest to użyteczna właściwość i idealnie rozciąga się na nieskończoną szerokość pasma, znacznie poza użytecznym pasmem amplitudy prawdziwego łącznika.

Linia paskowa jest przewodnikiem umieszczonym w dielektryku między parą podłoża?? W praktyce „klasyczna” linia paskowa jest zwykle wykonana przez wbudowanie zespołu obwodów na podłożu, które ma płaszczyznę uziemienia na przeciwległej powierzchni, a następnie przyczepne przyklejenie drugiego podłoża (które jest metalizowane tylko na jednej powierzchni) na górze w celu uzyskania drugiej płaszczyzny uziemienia. Linia paskowa jest najczęściej technologią „miękkiej płytki”, ale przy zastosowaniu niskotemperaturowej współspalanej ceramiki (LTCC) możliwe są również ceramiczne obwody paskowe.

Filtry linii paskowej i łączniki zawsze oferują lepszą przepustowość niż ich odpowiedniki w mikropaskach, a rozkład pasm BPF linii paskowej może być dość symetryczny (w przeciwieństwie do mikropasków). Linia paskowa nie ma niższej częstotliwości odcięcia (podobnie jak falowód), zaletą linii paskowej jest to, że można uzyskać fantastyczną izolację między sąsiednimi śladami

Wady linii paskowej są dwie: po pierwsze, jest o wiele trudniej (i drożej) wyprodukować niż mikropaski. Drugą wadą linii paskowej jest to, że z powodu drugiej płaszczyzny uziemienia, szerokość

pasków jest znacznie węższa dla danej impedancji (takiej jak 50 omów) i grubości płyty niż dla mikropasków. Częstą reakcją na problemy z obwodami mikropaskowymi jest próba przekształcenia ich w linię paskową

Linia długa (lub linia transmisyjna) jest charakteryzowana przez następujące parametry:

- R rezystancja jednostkowa linii [Ω/m],
- L indukcyjność jednostkowa linii [H/m],
- G konduktancja jednostkowa linii [S/m],
- C pojemność jednostkowa linii [F/m]
- długość nie wpływa na parametry

<https://www.youtube.com/watch?v=mo3TIWdjLpo>

TEM to tryb propagacji, w którym wszystkie linie pola elektrycznego i magnetycznego są ograniczone do kierunków normalnych (poprzecznych) do kierunku propagacji

Microstrip jest płaską linią transmisyjną, podobną do linii paskowej i falowodu współpłaszczyznowego. Główną zaletą mikropasków nad linią paskową jest to, że wszystkie aktywne komponenty można zamontować na płycie. Wady polegają na tym, że gdy wymagana jest wysoka izolacja, na przykład w filtrze lub przełączniku, może być konieczne rozważenie zewnętrznego ekranowania. Biorąc pod uwagę szansę, obwody mikropaskowe mogą promieniować, powodując niezamierzoną reakcję obwodu. Drobnym problemem z mikropaskiem polega na tym, że jest on dyspersyjny, co oznacza, że sygnały o różnych częstotliwościach przemieszczają się z nieco innymi prędkościami. Microstrip nie obsługuje trybu TEM ze względu na współczynnik wypełnienia

Filtr dolnoprzepustowy (LPF)

Jest to filtr, który przepuszcza niższe częstotliwości do DC i odrzuca wyższe częstotliwości. Dławik szeregowy lub kondensator bocznikowy lub ich kombinacja to prosty filtr dolnoprzepustowy

Filtr górnoprzepustowy (HPF)

W przeciwieństwie do filtra dolnoprzepustowego, HPF przepuszcza wyższe częstotliwości i odrzuca niższe. Kondensator szeregowy lub induktor bocznikowy lub ich kombinacja to prosty filtr górnoprzepustowy.

Filtr pasmowo-przepustowy (BPF)

Filtr pasmowo-przepustowy ma osłony filtrów zarówno powyżej, jak i poniżej pasma. Można go utworzyć kaskadowo LPF i HPF lub stosując struktury rezonansowe, takie jak sprzężone ćwierćfalowe linie.

Multiplekser

Multiplekser to sieć, która oddziela sygnały od wspólnego portu do innych portów, posortowane według częstotliwości.

Podłoża:

Laminat RF4 - FireResistance ver.4 - Laminat ogólnego przeznaczenia. Nie powinno się go stosować do układów mikrofalowych. Fabryki nie kontrolują jego przenikalności elektromagnetycznej. Tani, ogólnego przeznaczenia.

Laminat "Roger" - Laminat mikrofalowy. Jego produkcję ściśle kontroluje się pod względem przenikalności elektromagnetycznej. Drogi, specjalistyczny.

Współczynnik fali stojącej, WFS (ang. standing wave ratio, SWR lub VSWR) – stosunek wartości amplitudy maksymalnej do amplitudy minimalnej napięcia elektrycznego fali stojącej w linii zasilającej odbiornik, określa stopień dopasowania obciążenia do linii zasilającej.

Zależy od stosunku impedancji obciążenia do impedancji falowej linii.

WFS można wyliczyć ze wzoru:

Calculating VSWR

- ▶ Reflection can be quantified by means of a reflection coefficient, Γ , which is a function of the load impedance (Z_L) and the source impedance (Z_0).
- ▶ Γ is then used to calculate VSWR
- ▶ VSWR can also be calculated from return loss (and vice versa)

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \qquad VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

$$Return\ loss = 20 \log_{10} \left(\frac{VSWR + 1}{VSWR - 1} \right)$$

lub wersja dla ubogich:

$$WFS = \left(\frac{W_f + W_r}{W_f - W_r} \right)$$

gdzie:

- W_f — energia padająca;
- W_r — energia odbita.

Dla linii rozwartej współczynnik odbicia wynosi 1

Wykres smitha - wykres impedancji we współrzędnych biegunowych. Jest dogodnym narzędziem do analizy własności transformacyjnych dowolnej linii długiej., a w szczególności do obliczenia jej impedancji wejściowej w dowolnym punkcie przy określonej impedancji końcowej (i dopasowanym generatorze na początku linii)

(<https://www.youtube.com/watch?v=TsXd6GktlYQ>)

Cyrkulator - Umożliwia połączenie nadajnika i odbiornika do jednej anteny. Dzięki niemu sygnał nadawczy i odbiorczy nie "koliduje" ze sobą. (<https://www.lewczuk.pl/krotkofalarstwo-1/cyrkulatory-i-izolatory>)

Równania Telegrafistów - Definiuje jakie będzie prąd i napięcie na linii, w danym miejscu, w danym czasie. Są to pary liniowych równań różniczkowych, które opisują zmiany zespolonej amplitudy napięcia i prądu wzdłuż linii długiej z uwzględnieniem odległości oraz czasu.

PYTANIA I ODPOWIEDZI z egzaminu ustnego:

Jak to się dzieje że nagle mówimy o mikrofalach a nie o zwykłym prądzie:

Mikrofałe to już tak wysokie częstotliwości że napięcie w różnych punktach przewodu zmienia się i nie jest stałe - bo leci w nim fala. Układ jest o stałych rozłożonych.

Wymienić typowe struktury mikrofalowe:

- Dzielnik wilkinsona
- Sprzęgacz gałęziowy
- Sprzęgacz pierścieniowy
- itd.

Kiedyś sygnał się odbija:

Gdy następuje niedopasowanie linii, linia jest rozwarta itd. Należy też podać wzór na współczynnik odbicia.

Jak się opisuje układy mikrofalowe - macierz rozproszenia:

Generalnie chodzi o to że macierz rozproszenia składa się z parametrów S_{xy} .
Powiedzieć że to ile mocy wysłanej na port x doleci do portu y.
Ogólnie że jest to coś czym opisuje się układy mikrofalowe.

Wykres Smitha:

Służy do łatwego strojenia obwodów oraz do wizualizacji impedancji układu, stosowany głównie w analizatorach Sieci.

Model lini transmisyjnej (tej R , L , C , G): R i L wzdłuż linii, C , G między liniami:

Co wynika z tego modelu:

$Z_f = \text{pierw. } (r + j\omega l) / (r + j\omega c)$

Stała propagacji:

$\gamma = \alpha + j\beta$

α - tłumienność

β - stała fazowa, czyli informacja wynikająca z ω (prędkość czoła fali)

Dopasowanie dwóch różnych impedancji:

Transformator ćwierćfalowy (Dla $z_1 = 50\Omega$, $z_2 = 300\Omega$) =>

$Z_f(\text{tej linii dopasowującej}) = \text{Pierw.}(Z_1 \cdot Z_2)$

Współczynnik odbicia wzór:

$\Gamma = Z_k - Z_f / Z_k + Z_f$

Jak opisuje się układ:

Macierz rozproszenia

Opisać swój projekt:

jakby ktoś dzwonił że chce kupić jakie parametry byś podał (Dzielnik Wilkinsona):

- S_{11}
- S_{21}
- S_{31}

Co to linia długa?

Co się stanie gdy w lini napotkamy na rozwarcie?

Co się stanie gdy w lini napotkamy na zwarcie?

Co gdy sygnał wróci do generatora?

Może się sygnał wygasić jak beda fazy np. -90° i 90°

z godziny 9:20

Jaki miał Pan projekt - sprzęgacz gałęziowy

Podać jego parametry jakby Pan chciał mi go sprzedać xD

Posiada 4 porty, 4 linie transmisyjne, 2 osie symetrii, częstotliwość środkową,

Port 1 to wej, 2 i 3 dostają sygnał z wej a 4 jest izolowany w idealnym ale realnie zawsze coś tam przejdzie.

Czy sprzęgacz to układ szeroko czy wąskopasmowy?

Wąsko (bo działa dla tej częstotliwości środkowej)

Co to transformator impedancji? (związany ze sprzęgaczem gałęziowym)

Podaliśmy jedynie wzór na Z_f

Porównanie sprzęgacza zbliżeniowego i gałęziowego (i ich budowa)

Wykres Smitha(do czego służy co na nim jest)

Stała propagacji

Dwa główne parametry linii długiej

z 11:00

Jaki projekt? -> Sprzęgacz gałęziowy -> Jak jest zbudowany? Dla jakich parametrów (f_0 , C)

Pytanie o transformator ćwierćfalowy. Czy transformator ćwierćfalowy wystarczy jeśli mamy impedancje urojone, a nie rzeczywiste? Jak zaprojektować transformator ćwierćfalowy? Wykres Smitha, VSWR

Linia długa - najważniejsze parametry (impedancja, stała propagacji)

Co to jest stała propagacji, z czego się składa?

Jak się nazywają równania różniczkowe, które opisują linię długą - telegrafistów

Jak jest zbudowany model linii długiej? Czy tylko z tych kilku elementów? - Nie, powtarzają się w nieskończoność

Filtr dolnoprzepustowy: Co by się stało gdybyśmy zmienili impedancję jednego z "łączników" z 50 na 200 omów. Na podstawie wzoru współczynnika odbicia wyliczamy wartość:

$$200-50/200+50 = 0,6.$$

teraz tą wartość podnosimy do kwadratu, czyli mamy 0,36.

Oznacza to że tracimy 36% sygnału. Co zrobić żeby wyeliminować straty? Zastosować transformator ćwierćfalowy. Dlaczego? Nie pamiętam xD

to powyżej które napisał karol plu jeśli będzie 50 ohm i j200 np to jak to zrobić żeby było ładnie to - chodzi mu że pomiędzy dajemy stroik.

S11 wzór

opis wykres smitha dokładnie opisać jak działa

czym charakteryzuje się wfs, w jakim zakresie się go podaje, podać dwa przykłady: wfs dla zwarcia i rozwarcia - ile wynoszą,

czy porty krawędziowe w moim sprzęgaczu gałęziowym mają znaczenie na wynik symulacji,

dlatego to właśnie macierz S opisuje się układy mikrofalowe,

co to współczynnik odbicia,

no i o smitha jeszcze, co to , co opisuje, co można nim wyznaczyć