

PROJEKTOWANIE UKŁADÓW MIKROFALOWYCH

Prowadzący:

Stanisław Rosłonec

Instytut Radioelektroniki Politechniki Warszawskiej

Zadania projektowe

Zadanie 1

Udowodnić, że powietrzna linia współosiowa o stosunku promieni przewodów zewnętrznego do wewnętrznego równym $\sqrt{e} = 1.648721271\dots$ może przenosić falę elektromagnetyczną o największej mocy. Zadana wielkością jest maksymalne natężenie pola elektrycznego, przy którym następuje przebicie elektryczne wypełniającego linię powietrza.

Zadanie 2

Dana jest powietrzna linia współosiowa o średnicach przewodów $a = 7$ mm i $b = 3.04$ mm, patrz rys.2.1. O ile należy przesunąć przewód wewnętrzny względem przewodu zewnętrznego ($c = ?$) aby jej impedancja charakterystyczna zmieniła się o 5Ω .

Zadanie 3

Zaprojektować powietrzną linię cylindryczno – płaską o przekroju poprzecznym jak na rys.3.1 zakładając, że jej impedancja charakterystyczna jest równa $Z_0 = 30 \Omega$. Odległość pomiędzy równoległymi przewodzącymi płaszczyznami tej linii jest równa $b = 9$ mm. O ile zmieni się impedancja charakterystyczna tej linii (zaprojektowanej) po wypełnieniu jej bezstratnym dielektrykiem o $\epsilon_r = 2.04$ i $\mu_r = 1$.

Zadanie 4

Zaprojektować symetryczną linię paskową, rys.4.1, o impedancji charakterystycznej $Z_0 = 50 \Omega$. Podłoże linii stanowi dielektryk o $\epsilon_r = 2.56$, $\mu_r = 1$ i grubości $b = 2.8$ mm. Obliczenia wykonać, przy założeniu, że grubość przewodu wewnętrznego $t = 0$ mm. Metodą różnic skończonych obliczyć impedancję charakterystyczną tej linii przyjmując, że przewód wewnętrzny $t = 0.150$ mm.

Zadanie 5

Wykorzystując oprogramowanie napisane do rozwiązania zadania 4 wyznaczyć impedancję charakterystyczną powietrznej linii TEM o przekroju poprzecznym jak na rys.5.1, przyjmując $b = 8$ mm i $t = 4$ mm. Wynik otrzymany numerycznie porównać z wynikiem obliczonym według odpowiednich, przybliżonych wzorów wykorzystujących całki eliptyczne.

Zadanie 6

Zaprojektować niesymetryczną linię paskową, rys.6.1, o impedancji charakterystycznej $Z_0 = 50 \Omega$. Podłoże linii stanowi dielektryk o $\epsilon_r = 2.56$, $\mu_r = 1$ i grubości $h = 1.4$ mm. Obliczenia wykonać, przy założeniu, że grubość przewodu wewnętrznego $t = 0.0035$ mm. Obliczyć długość fali w tak zaprojektowanej linii wiedząc, że jej częstotliwość $f = 1.5$ GHz.

Zadanie 7

Zaprojektować powietrzne cylindryczno – płaskie linie sprzężone dla następujących danych: $Z_{0e} = 60 \Omega$, $Z_{0o} = 40 \Omega$. Obliczenia wykonać przy założeniu, że odległość pomiędzy dwoma zewnętrznymi płaszczyznami przewodzącymi jest równa $h = 8$ mm, rys.7.1.

Zadanie 8

Zaprojektować symetryczne linie paskowe sprzężone dla następujących danych o przekroju poprzecznym jak na rys.8.1. Obliczenia wykonać dla $Z_{0e} = 60\Omega$, $Z_{0o} = 40\Omega$ przy założeniu, że podłoże linii stanowi dielektryk o $\epsilon_r = 2.56$, $\mu_r = 1$ i grubości $b = 2.8$ mm. W trakcie obliczeń przyjąć, że grubość przewodów wewnętrznych $t \approx 0$ mm.

Zadanie 9

Zaprojektować tłumik rezystywny typu T o tłumieniu $L = 10$ dB, który włączony pomiędzy linie długie o impedancjach charakterystycznych $Z_{01} = 50\Omega$ i $Z_{02} = 60\Omega$ powinien zapewniać obustronne dopasowanie w nieskończenie szerokim paśmie częstotliwości. Zaprojektować równoważną wersję tego tłumika typu Π .

Zadanie 10

Zaprojektować schodkowy, ćwierćfalowy transformator impedancji o charakterystyce równomiernie falistej (Czebyszewa) dopasowujący dwie linie współosiowe o impedancjach charakterystycznych $Z_{01} = 30\Omega$ i $Z_{02} = 75\Omega$. Transformator ten powinien zapewniać w paśmie $2 \div 3$ GHz dopasowanie z $WFS \leq 1.12$. Projekt transformatora wykonać przy założeniu, że przewody zewnętrzne obu dopasowywanych linii mają średnicę $a = 7$ mm. Zaprojektować równoważny wariant tego transformatora w postaci transformatora II klasy, tj. transformatora złożonego z niewspółmiernych odcinków linii o impedancjach charakterystycznych $Z_{01} = 30\Omega$ i $Z_{02} = 75\Omega$.

Zadanie 11

Zaprojektować jednosekcyjny, zbliżeniowy sprzęgacz kierunkowy o sprzężeniu $C = 13$ dB przy częstotliwości $f = 1.34$ GHz. Sprzęgacz zrealizować z odcinków symetrycznych linii paskowych (pojedynczych i sprzężonych) przyjmując, że podłoże linii stanowi dielektryk o $\epsilon_r = 2.56$, $\mu_r = 1$ i grubości $b = 2.8$ mm. Projekt wykonać przy założeniu, że grubość przewodów wewnętrznych jest pomijalnie mała z grubością dielektryka $b = 2.8$ mm a impedancja charakterystyczna linii obciążających sprzęgacz jest równa $Z_0 = 50\Omega$.

Zadanie 12

Zaprojektować dwugałęziowy sprzęgacz kierunkowy zapewniający przy częstotliwości $f = 1.34$ GHz sprzężenie $C = 3.9$ dB. Sprzęgacz zrealizować z odcinków niesymetrycznej linii paskowej przyjmując, że podłoże linii stanowi dielektryk o $\epsilon_r = 4.34$, $\mu_r = 1$ i grubości $h = 1.4$ mm. Projekt wykonać przy założeniu, że grubość przewodu wewnętrznego $t = 0.035$ mm a impedancja charakterystyczna linii obciążających sprzęgacz jest równa $Z_0 = 50\Omega$. Wyznaczyć częstotliwościową charakterystykę sprzężenia $C(f)$ [dB] w paśmie od $f = 1.75$ GHz do $f = 2.25$ GHz.

Zadanie 13

Zaprojektować czteroramienny, pierścieniowy sprzęgacz kierunkowy zapewniający przy częstotliwości $f = 1.35$ GHz sprzężenie $C = 3.01$ dB. Sprzęgacz zrealizować z odcinków niesymetrycznej linii paskowej przyjmując, że podłoże linii stanowi dielektryk o $\epsilon_r = 4.34$, $\mu_r = 1$ i grubości $h = 1.4$ mm. Projekt wykonać przy założeniu, że grubość przewodu wewnętrznego $t = 0.035$ mm a impedancja charakterystyczna linii obciążających sprzęgacz jest równa $Z_0 = 50\Omega$. Wyznaczyć częstotliwościową charakterystykę sprzężenia $C(f)$ [dB] w paśmie od $f = 1.25$ GHz do $f = 1.45$ GHz.

Zadanie 14

Zaprojektować dwusekcyjny, trójwrotowy dzielnik sygnału mikrofalowego obciążony od strony wejścia rezystancją $Z_{01} = 35 \Omega$. Wrota wyjściowe tego dzielnika są obciążone rezystancjami $Z_{02} = Z_{03} = 50 \Omega$, odpowiednio. Projekt wykonać, przy założeniu, że środkowa częstotliwość pasma pracy $f_0 = 1.35 \text{ GHz}$. Wyznaczyć częstotliwościowe charakterystyki dopasowania we wrotach wejściowych $WFS(f)$ i izolacji (separacji) pomiędzy wrotami $I(f)[\text{dB}]$ w paśmie od $f_1 = 1.25 \text{ GHz}$ do $f_2 = 1.45 \text{ GHz}$.

Zadanie 15

Zaprojektować dzielnik sygnału mikrofalowego typu Gysel'a przyjmując $f_0 = 1.35 \text{ GHz}$ i $Z_0 = 50 \Omega$. Projekt dzielnika wykonać przy założeniu, że jest on realizowany z odcinków powietrznej, symetrycznej linii paskowej o grubości $b = 8 \text{ mm}$. Grubość przewody wewnętrznej $t = 0.8 \text{ mm}$. Obliczyć charakterystykę sprzężenia $C(f)[\text{dB}]$ w paśmie od $f_1 = 1.25 \text{ GHz}$ do $f_2 = 1.45 \text{ GHz}$.

Zadanie 16

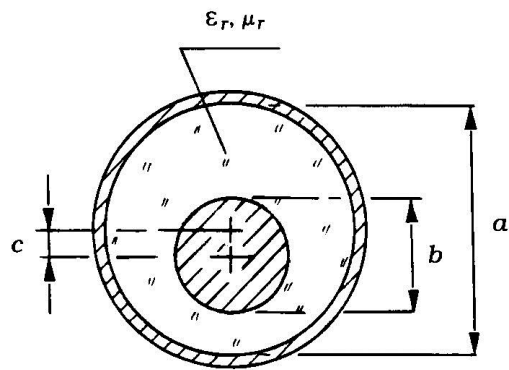
Zaprojektować filtr dolnoprzepustowy (FDP) o charakterystyce równomiernie falistej, rys. 16.1, dla następujących danych: $Z_0 = 50 \Omega$, $f_1 = 10^9 \text{ Hz}$, $L_r = 0.2 \text{ dB}$, $f_a = 1.43 \cdot 10^9 \text{ Hz}$ i $L_a = 30 \text{ dB}$. Filtr zrealizować z odcinków linii współosiowej o średnicy przewodu zewnętrznego $D = 7 \text{ mm}$, rys. 16.2. Obliczenia wykonać przy założeniu, że impedancje charakterystyczne niskoomowych i wysokoomowych sekcji filtru są równe odpowiednio $Z_l = 10 \Omega$ i $Z_h = 120 \Omega$. Ponadto założyć, że niskoomowe sekcje filtru są odcinkami linii współosiowej wypełnionej dielektrykiem o $\epsilon_r = 2.05$ i $\mu_r = 1$.

Zadanie 17

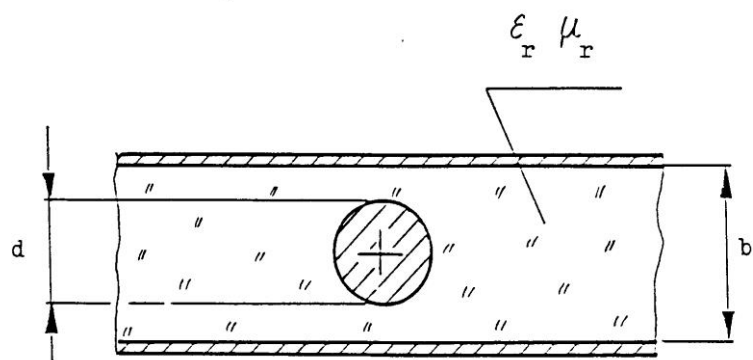
Zaprojektować czebyszewowski filtr pasmowo przepustowy (FPP, rys. 17.1) o strukturze paskowej jak na rys. 17.2 dla następujących danych: $Z_0 = 50 \Omega$, $f_0 = 2.8 \cdot 10^9 \text{ Hz}$, $w = 0.1$, $L_r = 0.2 \text{ dB}$, $f_a = 3.2 \cdot 10^9 \text{ Hz}$ i $L_a = 30 \text{ dB}$. Filtr zrealizować z odcinków symetrycznej linii paskowej opisanej w zadaniu 4.

Literatura

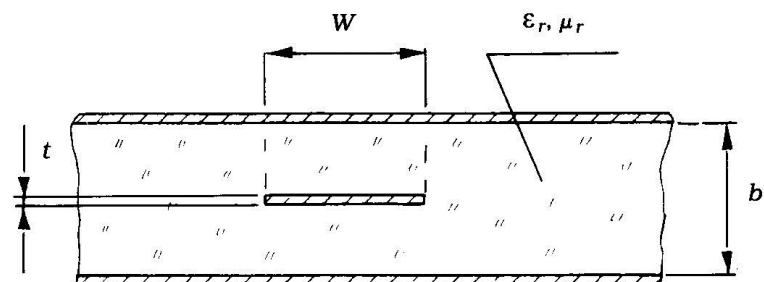
1. Rosłonec S., Algorytmy projektowania wybranych liniowych układów mikrofalowych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1987
2. Rosłonec S., Algorithms for computer – aided design of linear microwave circuits. Artech House Inc., Boston (MA), 1990. Książka dostępna w bibliotece Instytutu Radioelektroniki Politechniki Warszawskiej
3. Rosłonec S., Liniowe obwody mikrofalowe – metody analizy i syntezy. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1999



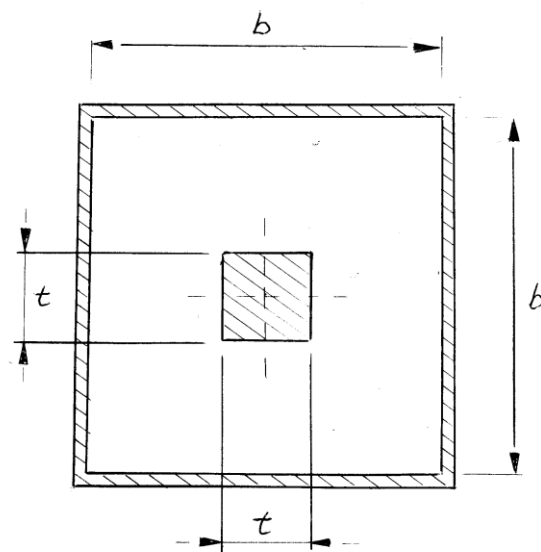
Rys.2.1



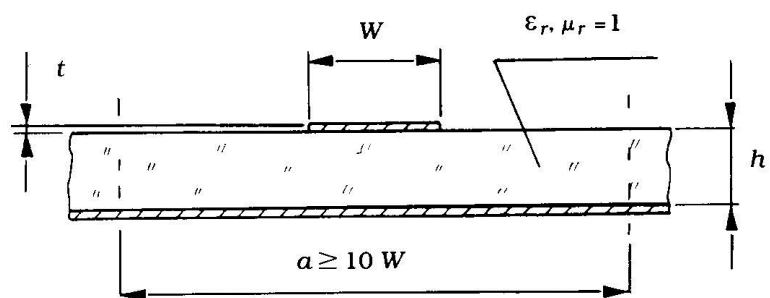
Rys.3.1



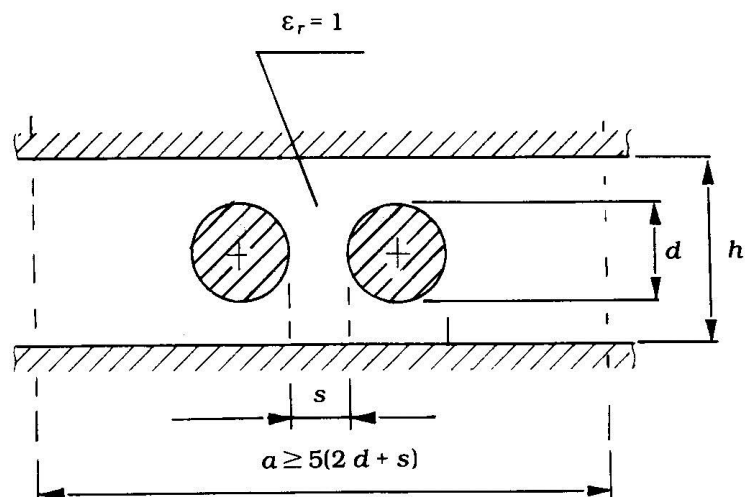
Rys.4.1



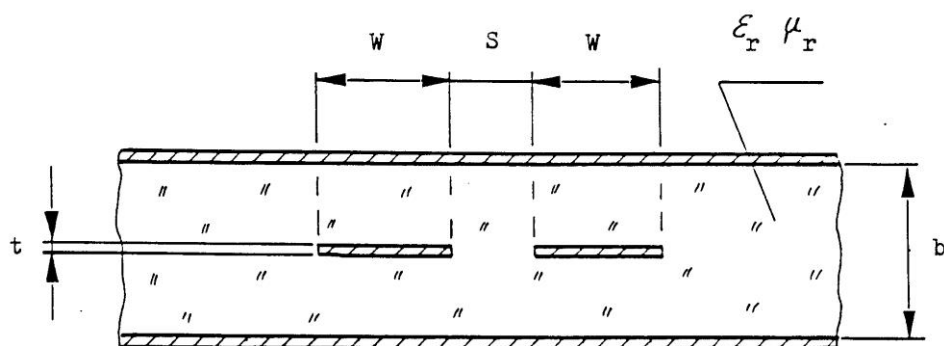
Rys.5.1



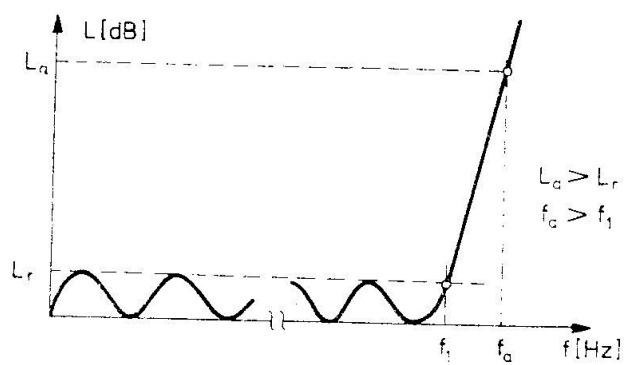
Rys.6.1



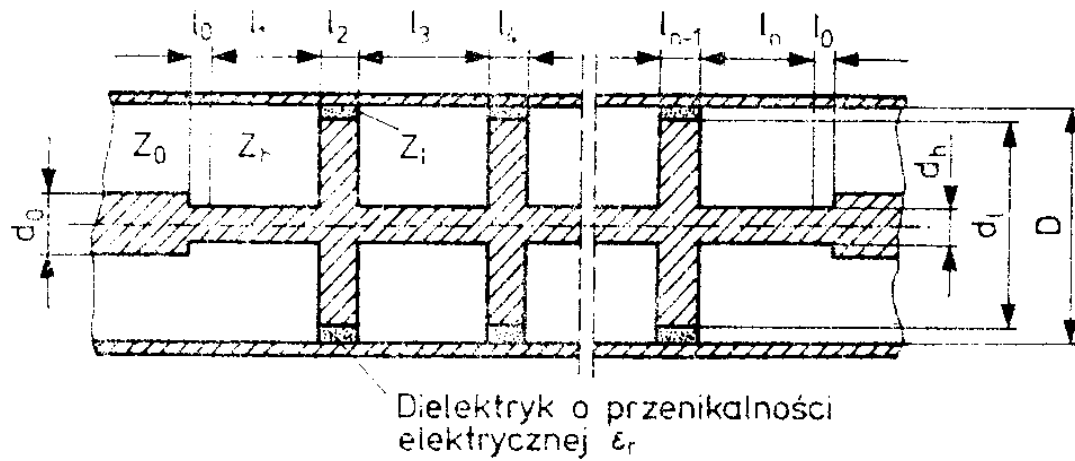
Rys.7.1



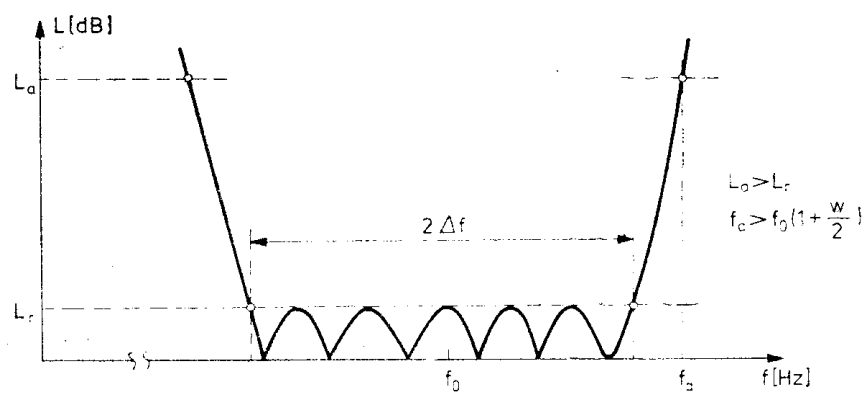
Rys.8.1



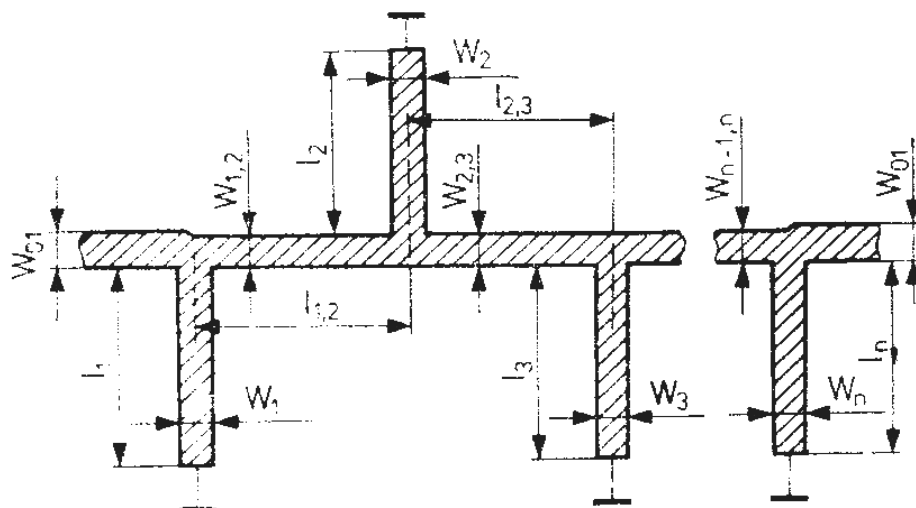
Rys.16.1



Rys.16.2



Rys.17.1



Rys.17.2