

ИСПИТ ИЗ МИКРОТАЛАСНЕ ТЕХНИКЕ

19. фебруар 2021.

Напомене. Испит траје 180 минута. Није дозвољено напуштање сале 60 минута од почетка испита. Писати искључиво хемијском оловком. Дозвољена је употреба литературе и непрограмабилних калкулатора. Питања радити искључиво на овоме папиру, а задатке искључиво у вежбанци и евентуално у Смитовим дијаграмима, који се морају заједно предати. Коначне одговоре на питања и тражена извођења уписати у одговарајуће кућице, учртати у дијаграме или заокружити понуђене одговоре. Одговори без извођења се неће признати. Свако питање носи по 5 поена, а задатак по 20 поена.

Попунити податке о кандидату у следећој табели. Исте податке написати и на омоту вежбанке.

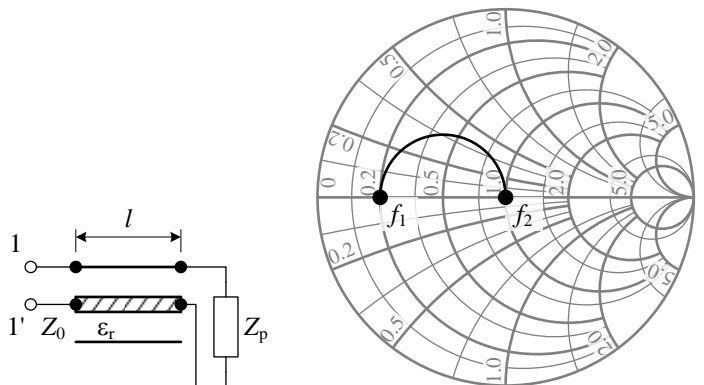
ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ (попуњава кандидат)												
Индекс година/број		Презиме и име										
/												
ПИТАЊА							ЗАДАЦИ				ПРЕДИСПИТНО	УКУПНО ПОЕНА
1.	2.	3.	4.	5.	6.	Укупно	1.	2.	Укупно	ИСПИТ	ОЦЕНА	

ПИТАЊА

1. Несиметричним танким ваздушним двожичним водом простире се ТЕМ тип таласа. Полупречник првог проводника је a , полупречник другог проводника је b , а растојање између оса проводника је d ($d \gg a, b$). У једном попречном пресеку интензитет подужне густине површинске струје првог проводника је $|J_{sz1}|$. Одредити интензитет густине површинског наелектрисања другог проводника у истом попречном пресеку.

2. Правоугаони таласовод WR-159 испуњен је ваздухом, а таласоводом се простире доминантни тип таласа. Израчунати радну учестаност f тако да фазна брзина таласа буде $c_\phi = 4,022 \cdot 10^8$ m/s.

3. Коаксијални вод дужине l и карактеристичне импедансе Z_c испуњен је диелектриком релативне пермитивности $\epsilon_r = 4$ и затворен је пријемником комплексне импедансе $Z_p = 50 \Omega$. Номинална импеданса приступа је $Z_0 = 50 \Omega$, а улазни коефицијент рефлексије за опсег учестаности од $f_1 = 1$ GHz од $f_2 = 2$ GHz приказан је у Смитовом дијаграму. Израчунати l и Z_c .



4. Дат је кружни таласовод полупречника $a = 35,71 \text{ mm}$ испуњен ваздухом. Израчунати (а) опсег учестаности у ком се у таласоводу простира само доминантни тип таласа и (б) таласну дужину у таласоводу на учестаности $f = 3 \text{ GHz}$.

(а)
(б)

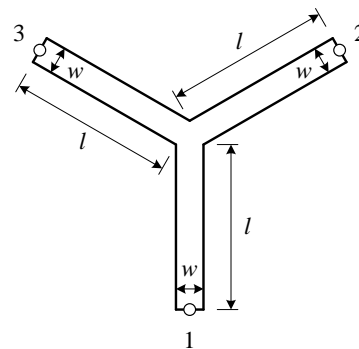
5. (а) Који су главни ефекти који ограничавају употребу класичних цеви у микроталасној техници? (б) Која класична цев се најчешће користи у микроталасној техници и до које учестаности?

(а)
(б)

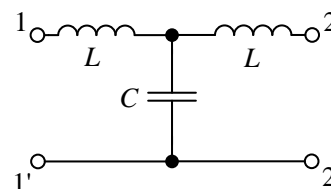
6. На супстрату дебљине $h = 1,5 \text{ mm}$ и релативне пермитивности $\epsilon_r = 4,5$ потребно је направити правоугаону микротракасту антену. Ширина микротракасте антене је $w = 20 \text{ mm}$, а радна учестаност је $f = 2,4 \text{ GHz}$. Израчунати дужину ове антене. Занемарити дебљину метализације и паразитне ефекте на крајевима.

ЗАДАЦИ

1. На слици је приказана веза три идентична микротракаста вода. Дебљина супстрата је $h = 1,5 \text{ mm}$, а релативна пермитивност супстрата је $\epsilon_r = 4,5$. Ширина трака је $w = 2,82 \text{ mm}$, а дужина је $l = 16,95 \text{ mm}$. Израчунати s -параметре овог споја на учестаности $f = 2,4 \text{ GHz}$. Први приступ (порт) чине крај 1 и маса, други приступ чине крај 2 и маса, а трећи приступ чине крај 3 и маса. Номиналне импедансе сва три приступа су једнаке и износе $Z_0 = 50 \Omega$.



2. У мрежи на слици је $L = 2 \text{ nH}$ и $C = 1 \text{ pF}$, а приступе (портове) чине парови крајева 1-1' и 2-2'. Номиналне импедансе оба приступа су $Z_0 = 50 \Omega$.
 (а) Израчунати учестаност различиту од нуле на којој је ова мрежа прилагођена.
 (б) На тој учестаности израчунати s -параметре ове мреже.



ОДГОВОРИ НА ПИТАЊА И РЕШЕЊА ЗАДАТКА СА ИСПИТА ИЗ МИКРОТАЛАСНЕ ТЕХНИКЕ, ОДРЖАНОГ 19. ФЕБРУАРА 2021. ГОДИНЕ

ПИТАЊА

- Тражени интензитет површинске густине наелектрисања је $|\underline{\rho}_{s2}| = \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} \frac{a}{b} |J_{zs1}|$.
- Димензије попречног пресека таласовода WR-159 су $a = 40,39 \text{ mm}$ и $b = 20,193 \text{ mm}$, а критична учестаност доминантног типа таласа је $f_{cTE10} = \frac{c_0}{2a} = 3,711 \text{ GHz}$. На основу израза за фазну брзину $c_\phi = \frac{c_0}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r} \sqrt{1 - (f_{cTE10}/f)^2}}$ одређујемо $f = 1,5 f_{cTE10} = 5,567 \text{ GHz}$. (За ваздух узимамо $\epsilon_r = 1$ и $\mu_r = 1$.)
- Дужина вода је $l = 37,47 \text{ mm}$, а карактеристична импеданса је $Z_c = 10\sqrt{5} \Omega$.
- (а) Критичне учестаности прва два типа таласа су $f_{cTE11} = \frac{0,293 \cdot c_0}{a} = 2,46 \text{ GHz}$ и $f_{cTM01} = \frac{0,3828 \cdot c_0}{a} = 3,214 \text{ GHz}$, а у опсегу учестаности $f_{cTE11} < f < f_{cTM01}$ у таласоводу се простира искључиво доминантни тип таласа. (б) Таласна дужина доминантног типа таласа је $\lambda_{gTE11} = \frac{c_0/f}{\sqrt{1 - (f_{cTE11}/f)^2}} = 174,6 \text{ mm}$. У претходним формулама c_0 је брзина светлости у вакууму.
- (а) Са порастом учестаности код класичних цеви (триоде, тетроде, пентоде) до изражаја долазе паразитне капацитивности између електрода, а те капацитивности су посебно изражене ако цев има више решетке, па се због тога на вишим учестаностима првенствено користе триоде. Такође, са порастом учестаности до изражаја долазе и паразитне индуктивности прикључака и самих електрода, а сви ови паразитни ефекти доводе до смањења појачања цеви. Финално, код класичних цеви са порастом учестаности до изражаја долази и коначно време прелета електрона са катоде на аноду, што практично представља непремостиву препреку за њихов ефикасан рад. (б) У микроталасној техници од класичних цеви практично једино се користи триода за учестаности до око 1 GHz .
- Када се микротракаста антена посматра као вод ширине w , ефективна релативна пермитивност је $\epsilon_{re} = 4,02$, а таласна дужина је $\lambda_g = 62,3 \text{ mm}$. Дужина микротракасте антене је $l = \lambda_g/2 = 31,15 \text{ mm}$.

ЗАДАЦИ

- Из једначина за анализу микротракастог вода добија се $Z_c = 50 \Omega$ и $\lambda_g = 67,8 \text{ mm}$. Како је $Z_0 = Z_c$, може се

применити теорема о транслагацији референтне равни. Матрица s -параметара Т-споја је $[\underline{s}_T] = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} -1 & 2 & 2 \\ 2 & -1 & 2 \\ 2 & 2 & -1 \end{bmatrix}$. Дужина

водова је $l = \frac{\lambda_g}{4}$, а да би се добила финална s -матрица, сваки елемент матрице $[\underline{s}_T]$ множи се са $e^{-j2\beta l} = -1$, одакле се

добија тражена матрица s -параметара $[\underline{s}] = -\frac{1}{3} \begin{bmatrix} -1 & 2 & 2 \\ 2 & -1 & 2 \\ 2 & 2 & -1 \end{bmatrix}$.

- (а) Мрежа ће бити прилагођена ако је испуњен услов $Z_0 = j\omega L + (j\omega L + Z_0) \parallel \frac{1}{j\omega C}$, одакле је тражена учестаност

$f = \frac{1}{2\pi L} \sqrt{2 \frac{L}{C} - Z_0^2} = 3,08 \text{ GHz}$. (б) Матрица s -параметара ове мреже је $[\underline{s}] = \begin{bmatrix} 0 & 0,25 - j0,97 \\ 0,25 - j0,97 & 0 \end{bmatrix}$.

- РЕЗУЛТАТИ ИСПИТА ЋЕ БИТИ ОБЈАВЉЕНИ ДО 19. ФЕБРУАРА У 19 ЧАСОВА.
- УВИД У ЗАДАТКЕ И УПИС ОЦЕНА ЈЕ 19. ФЕБРУАРА ОД 19:00 ДО 19:15 ЧАСОВА, У СОБИ 64.

Са предмета Микроталасна техника