

ИСПИТ ИЗ МИКРОТАЛАСНЕ ТЕХНИКЕ

17. јануар 2019.

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										
/											ПРЕДИСПИТНО	УКУПНО ПОЕНА
ПИТАЊА						ЗАДАЦИ			ИСПИТ	ОЦЕНА		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	Укупно	1.	2.			Укупно	

ПИТАЊА

1. Дуж правоугаоног таласовода, у смеру z -осе, простире се електромагнетски талас, кружне учестаности ω . Димензије попречног пресека таласовода су a и b , а таласовод је испуњен хомогеним диелектриком, параметара ϵ и μ . Електромагнетски талас има такву структуру да је $E_z(x, y, z) = 0$ и $H_z(x, y, z) = H_0 \cos \frac{2\pi x}{a} \exp(-j\beta z)$ ($0 \leq x \leq a$ и $0 \leq y \leq b$), при чему је H_0 константа, а β фазни коефицијент. (а) Који је ово тип таласа? (б) Одредити остале компоненте електричног и магнетског поља.

(а)	(б)
-----	-----

2. Микротракасти вод карактеристичне импедансе $Z_c = 50 \Omega$ пројектован је за подлогу дебљине $h = 0,5 \text{ mm}$ и релативне пермитивности $\epsilon_r = 4,5$, на учестаности $f = 2 \text{ GHz}$. Вод је грешком израђен на подлози од истог материјала, али двоструко веће дебљине, $h' = 1 \text{ mm}$. Израчунати карактеристичну импедансу израђеног вода.

--

3. Правоугаони таласовод, дужине $l = 1 \text{ m}$ и занемарљивих губитака, испуњен ваздухом, побуђује се ускопојасним импулсно модулисаним сигналом. Време простирања овог импулса дуж таласовода је $t = 4,48 \text{ ns}$. Израчунати таласну импедансу овог таласа ако је талас: (а) ТЕ типа и (б) ТМ типа.

(а)	(б)
-----	-----

4. (а) Која се мрежа добија ако се један приступ циркулатора затвори прилагођењем? (б) Да ли је та мрежа реципрочна?

(а)	(б)
-----	-----

5. Сигнал учестаности носиоца $f = 2,45 \text{ GHz}$ треба пренети између генератора и пријемника који су на међусобном растојању $r = 20 \text{ m}$. Импедансе генератора и пријемника су 50Ω . На располагању стоји коаксијални вод са ваздушним диелектриком, полупречника унутрашњег проводника $a = 1 \text{ mm}$ и карактеристичне импедансе $Z_c = 50 \Omega$, и две идентичне антене, чије је појачање $g = 2 \text{ dBi}$, а улазна импеданса $Z_a = 50 \Omega$. Проводници коаксијалног вода су од бакра (специфичне проводности $\sigma = 58 \text{ MS/m}$). Антене су оријентисане тако да је пренос између њих максималан. Израчунати слабљење (у децибелима) сигнала ако се за пренос користи: (а) коаксијални вод и (б) антене.

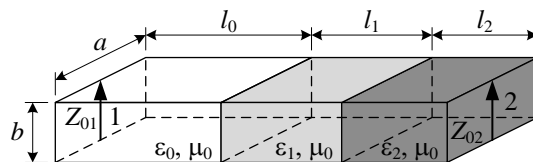
(а)	(б)
-----	-----

6. Улазна импеданса симетричног целоталасног дипола је $Z_d = (930 - j1160) \Omega$, а појачање је $g_d = 4 \text{ dBi}$. (а) Колика је улазна импеданса, а колико појачање (у децибелима у односу на изотропни радијатор) вертикалног монопола чија је дужина једнака половини дужине дипола? (б) Колика је висина тог монопола ако је радна учестаност $2,45 \text{ GHz}$?

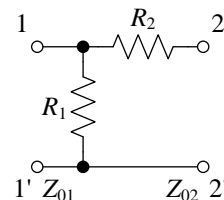
(а)	(б)
-----	-----

ЗАДАЦИ

1. Микроталасна мрежа са два приступа састоји се од правоугаоног таласовода WR-90 (димензија попречног пресека $a = 22,86 \text{ mm}$ и $b = 10,16 \text{ mm}$), као што је приказано на слици. Леви део таласовода, дужине $l_0 = 14,97 \text{ mm}$, испуњен је ваздухом. Средњи део представља четвртталасни трансформатор импедансе, дужина му је l_1 и испуњен је диелектриком релативне пермитивности ϵ_{r1} . Десни део, дужине $l_2 = 7,14 \text{ mm}$, испуњен је диелектриком релативне пермитивности $\epsilon_{r2} = 2,25$. Учестаност је $f = 8,25 \text{ GHz}$. Номинална импеданса првог приступа (Z_{01}) једнака је таласној импеданси у левом делу таласовода, а номинална импеданса другог приступа (Z_{02}) једнака је таласној импеданси у десном делу таласовода. (а) Израчунати ϵ_{r1} и дужину l_1 тако да ова мрежа буде прилагођена (на оба приступа). (б) У том случају, за приказане референтне смерове приступа, израчунати параметре расејања ове мреже.



2. Двопортна мрежа, приказана на слици, састоји се од два отпорника. Номиналне импедансе приступа су $Z_{01} = 50 \Omega$ и $Z_{02} = 75 \Omega$. (а) Израчунати отпорности R_1 и R_2 тако да ова мрежа буде прилагођена (на оба приступа). (б) У том случају, израчунати слабљење (у децибелима) при преносу са приступа 1 на приступ 2.



ОДГОВОРИ НА ПИТАЊА И РЕШЕЊА ЗАДАТКА СА ИСПИТА ИЗ МИКРОТАЛАСНЕ ТЕХНИКЕ, ОДРЖАНОГ 17. ЈАНУАРА 2019. ГОДИНЕ

ПИТАЊА

1. (а) У питању је талас TE_{20} типа. (б) $E_x = -\frac{j\omega\mu}{K^2} \frac{\partial H_z}{\partial y} = 0$, $E_y = \frac{j\omega\mu}{K^2} \frac{\partial H_z}{\partial x} = -\frac{j\omega\mu}{2\pi} H_0 \sin \frac{2\pi x}{a} \exp(-j\beta z)$,
 $H_x = -\frac{\gamma}{K^2} \frac{\partial H_z}{\partial x} = \frac{j\beta a}{2\pi} H_0 \sin \frac{2\pi x}{a} \exp(-j\beta z)$ и $H_y = -\frac{\gamma}{K^2} \frac{\partial H_z}{\partial y} = 0$, при чему је $K^2 = (2\pi/a)^2$ и $\gamma = j\beta$.

2. Користећи се формулама за синтезу и анализу микротракастог вода добијамо $Z'_c \approx 72,5 \Omega$.

3. (а) Импулсно модулисани сигнал простира се групном брзином $c_g = l/t = 2,23 \cdot 10^8$ m/s. Пошто је таласовод испуњен ваздухом, групна брзина је $c_g = c_0 \sqrt{1 - (f_c/f)^2}$, одакле је $\sqrt{1 - (f_c/f)^2} = c_g/c_0 = 0,745$ (f_c је критична учестаност, а f учестаност). Таласна импеданса TE типа таласа је $Z_{TE} = Z_{TEM} / \sqrt{1 - (f_c/f)^2} = 505,98 \Omega$, при чему је $Z_{TEM} = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} \approx 120\pi \Omega$ таласна импеданса TEM типа таласа у ваздуху. (б) Таласна импеданса TM типа таласа је $Z_{TM} = Z_{TEM} \sqrt{1 - (f_c/f)^2} = 280,5 \Omega$.

4. (а)–(б) Добија се изолатор, који је нерезипрочна мрежа са два приступа.

5. (а) Таласна импеданса TEM типа таласа у ваздуху је $Z_{TEM} = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} \approx 120\pi \Omega$. Карактеристична импеданса коаксијалног вода је $Z_c = \frac{Z_{TEM}}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$, одакле је $b = 2,3$ mm. Површинска отпорност проводника је $R_s = \sqrt{\frac{\pi\mu_0 f}{\sigma}}$, подужна отпорност коаксијалног вода је $R' = \frac{R_s}{2\pi} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right)$, а коефицијент слабљења је $\alpha_p = R'/(2Z_c) = 29,48$ mNp/m. Када се сигнал преноси коаксијалним водом дужине r и коефицијента слабљења α_p , сигнал опада као $e^{-\alpha_p r}$, а одговарајуће слабљење у неперима је $a_{[Np]} = \alpha_p r = 0,5896$ Np. Слабљење сигнала у децибелима је $a_{[dB]} = -20 \log_{10} e^{-\alpha_p r} = 5,12$ dB. Напоменимо да се на основу формуле за промену основе логаритма добија веза између слабљења у неперима и слабљења у децибелима $a_{[dB]} = -20 \log_{10} e^{-a_{[Np]}} = \frac{20}{\ln 10} (-\ln e^{-a_{[Np]}}) = 8,686 \cdot a_{[Np]}$. (б) Када се сигнал преноси антенама, слабљење је $a_{[dB]} = -20 \log_{10} \frac{\lambda_0 G}{4\pi r} = 62,25$ dB, при чему је $G = 10^{g/10} = 1,58$ и $\lambda_0 = c_0/f = 122,36$ mm.

6. (а) Улазна импеданса монопола је $Z_m = Z_d/2 = (465 - j580) \Omega$, а појачање је $g_m = g_d + 3$ dB = 7 dBi. (б) Висина монопола је $l = \lambda_0/2 = 61,18$ mm, при чему је $\lambda_0 = c_0/f$.

ЗАДАЦИ

1. $\epsilon_{r1} = 1,4$ и $l_1 = 10,36$ mm. (б) $s_{11} = s_{22} = 0$ и $s_{12} = s_{21} = j$.

2. (а) Решавајући систем једначина $Z_{01} = \frac{R_1(R_2 + Z_{02})}{R_1 + R_2 + Z_{02}}$ и $Z_{02} = R_2 + \frac{R_1 Z_{01}}{R_1 + Z_{01}}$ по R_1 и R_2 , добијамо

$R_1 = \frac{Z_{01}}{\sqrt{1 - Z_{01}/Z_{02}}} = 50\sqrt{3} \Omega$ и $R_2 = Z_{02} \sqrt{1 - Z_{01}/Z_{02}} = 25\sqrt{3} \Omega$. (б) Пренос између приступа 1 и 2 одређен је параметром

расејања $s_{21} = \frac{Z_{02}}{Z_{02} + R_2} \sqrt{\frac{Z_{01}}{Z_{02}}} = \sqrt{2 - \sqrt{3}}$, па је тражено слабљење $a = -20 \log_{10} |s_{21}| \approx 5,72$ dB.

• РЕЗУЛТАТИ ИСПИТА ЋЕ БИТИ ОБЈАВЉЕНИ ДО 21. ЈАНУАРА У 17:45 ЧАСОВА.

• УВИД У ЗАДАТКЕ И УПИС ОЦЕНА ЈЕ 21. ЈАНУАРА ОД 17:45 ДО 18:15 ЧАСОВА, У СОБИ 64.

Са предмета Микроталасна техника