

ИСПИТ ИЗ МИКРОТАЛАСНЕ ТЕХНИКЕ

17. јануар 2017.

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. Заокружити структуре за вођење електромагнетских таласа којима се простире (а) ТЕМ тип таласа, (б) квази-ТЕМ тип таласа.

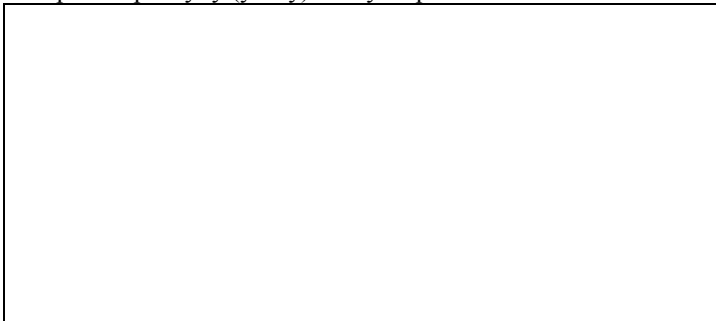
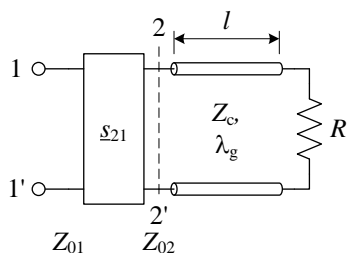
<p>(а)</p> <ul style="list-style-type: none"> • ваздушни двојични вод • ваздушни коаксијални вод • правоугаони таласовод • кружни таласовод 	<p>(б)</p> <ul style="list-style-type: none"> • микротракасти вод • прорезни вод • копланарни таласовод
---	--

2. Димензије попречног пресека униформног правоугаоног таласовода су $a = 20 \text{ mm}$ и $b = 10 \text{ mm}$. Таласовод је испуњен ваздухом, има занемарљиво мале губитке, а таласоводом се простире доминантни тип таласа. Ако је највећи дозвољени тренутни интензитет електричног поља једнак половини критичног поља за ваздух ($E_{\text{max}} = E_{\text{кр}}/2$, $E_{\text{кр}} = 3 \text{ MV/m}$), израчунати максималну снагу која се може пренети овим таласоводом на учестаности $f = 10 \text{ GHz}$. Таласовод је прилагођен.

3. Полупречник спољашњег проводника коаксијалног вода је $b = 3 \text{ mm}$, а вод је испуњен тefлоном релативне пермитивности $\epsilon_r = 2,1$. Израчунати оптималан полупречник унутрашњег проводника и карактеристичну импедансу овог вода ако је он пројектован да (а) унесе минимално слабљење и (б) издржи највећи напон, а да не дође до пробоја диелектрика.

<p>(а)</p>	<p>(б)</p>
------------	------------

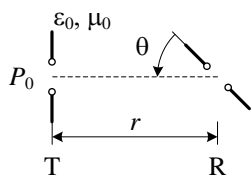
4. Прилагођени реципрочни атенуатор (ослабљивач), за који је $s_{21} = 1/3$, на једном свом крају затворен је водом са отпорником, као на слици. Номиналне импедансе приступа атенуатора су Z_{01} и Z_{02} , карактеристична импеданса вода је Z_c , дужина вода је l , таласна дужина на воду је λ_g , а отпорност отпорника је R . Ако је $Z_{01} = Z_{02} = Z_c = 2R$ и $l = \lambda_g/8$, израчунати комплексни коефицијент рефлексије који се види на првом приступу (улазу) атенуатора.



5. (а) Колики је коефицијент искоришћења, а колико појачање дворезонаторског клистрона? (б) Како се може повећати појачање дворезонаторског клистрона и колико је максимално појачање које се на овај начин може остварити? (в) Да ли се дворезонаторски клистрон може користити и као умножач учестаности? Образложити одговор.

(а)	(б)	(в)
-----	-----	-----

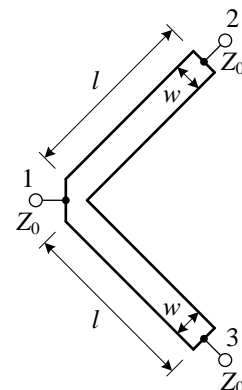
6. Предајни (Т) и пријемни (R) полуталасни диполи налазе се у вакууму на међусобном растојању $r = 1 \text{ km}$, као што је приказано на слици. Диполи леже у равни цртежа, оса предајног дипола управна је на правац према пријемном диполу, а оса пријемног дипола са правцем према предајном диполу заклапа угао θ ($0 \leq \theta \leq \pi$). Снага зрачења предајног дипола је $P_0 = 1 \text{ W}$, а учестаност је $f = 2 \text{ GHz}$. (а) Одредити угао θ тако да пријемни дипол предаје максималну снагу прилагођеном пријемнику и (б) снагу која се предаје прилагођеном пријемнику у том случају. Губици у диполима су занемарљиво мали.



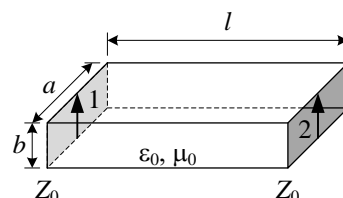
(а)	(б)
-----	-----

ЗАДАЦИ

1. Горња страна мреже реализоване у микротракастој технологији приказана је на слици. Висина супстрата је $h = 1,524 \text{ mm}$, а релативна пермитивност је $\epsilon_r = 3,6$. Микротракасти водови су дугачки $l = 45,67 \text{ mm}$ и широки $w = 1,84 \text{ mm}$. Номиналне импедансе свих приступа су једнаке и износе $Z_0 = 50 \Omega$. Израчунати s -параметре ове мреже на учестаности $f = 1 \text{ GHz}$. Приступ (порт) мреже чини чвор са одговарајућим индексом и тачка нултог потенцијала (маса). Занемарити утицај дисконтинуитета.



2. Димензије попречног пресека униформног правоугаоног таласовода су $a = 50 \text{ mm}$ и $b = 25 \text{ mm}$, а дужина таласовода је $l = 251,9 \text{ mm}$. Таласовод је испуњен ваздухом и има занемарљиво мале губитке. Приступ 1 је на почетку таласовода, приступ 2 је на крају таласовода, а референтни смерови електричног поља на приступима приказани су на слици. Номиналне импедансе оба приступа су једнаке и износе $Z_0 = 120\pi \Omega$. Израчунати s -параметре таласовода на учестаности $f = 4,02 \text{ GHz}$.



ОДГОВОРИ НА ПИТАЊА И РЕШЕЊА ЗАДАТКА СА ИСПИТА ИЗ МИКРОТАЛАСНЕ ТЕХНИКЕ, ОДРЖАНОГ 17. ЈАНУАРА 2017. ГОДИНЕ

ПИТАЊА

1. ТЕМ тип таласа простира се ваздушним двојичним и ваздушним коаксијалним водом. (б) Квази-ТЕМ тип таласа простира се микротракастим водом и копланарним таласоводом.

2. Максимална снага која се може пренети овим таласоводом је $P_{t \max} = \frac{E_{\max}^2 ab}{4Z_{\text{TE}_{10}}} \approx 197,7 \text{ kW}$.

3. Оптималан полупречник унутрашњег проводника коаксијалног вода и карактеристична импеданса $Z_c = \frac{60 \Omega}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \frac{b}{a}$ су:

(а) $a'_{\text{opt}} = b/3,59 \approx 0,836 \text{ mm}$, $Z'_c = 52,9 \Omega$ и (б) $a''_{\text{opt}} = b/e \approx 1,104 \text{ mm}$, $Z''_c = 41,4 \Omega$, где је $e \approx 2,72$ основа природних логаритама.

4. Комплексни коефицијент рефлексије који се види на улазу атенуатора је $\rho = j/27$.

5. (а) Коефицијент искоришћења дворезонаторског клистрона је до око 50%, а појачање је између 10 dB и 15 dB. (б) Појачање се може повећати ако се на путу електронског млаза, између улазног и излазног резонатора, постави још неколико неоптерећених резонатора, који побољшавају пакетирање млаза. Сваки додатни резонатор повећава појачање за двадесетак dB, али је због самоосциловања тешко остварити појачања преко 80 dB. (в) Дворезонаторски клистрон може се користити и као умножач учестаности, када се резонантна учестаност излазног резонатора подеси на неки виши хармоник улазног сигнала.

6. (а) За $\theta = \pi/2$ (б) снага коју пријемни полуталасни дипол предаје прилагођеном пријемнику је $P_p = \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2 G_T G_R P_0 \approx 0,383 \text{ nW}$, при чему је λ таласна дужина у вакууму, а $G_T = G_R \approx 1,64$ су појачања предајног и пријемног дипола, респективно.

ЗАДАЦИ

1. Карактеристична импеданса микротракастих водова је $Z_c = 70,7 \Omega \approx \sqrt{2}Z_0$, а таласна дужина је $\lambda_g = 182,68 \text{ mm} \approx 4l$. Користећи се формулом за улазну импедансу четвртталасног трансформатора и уочавајући равн симетрије коју мрежа поседује, одређујемо s -параметре: $s_{11} = 0$, $s_{21} = s_{31} = s_{12} = s_{31} = -j\sqrt{2}/2$, $s_{22} = s_{33} = 1/2$ и $s_{32} = s_{23} = -1/2$.

2. Таласоводом се простира само доминантни (ТЕ₁₀) тип таласа, па се таласовод може заменити еквивалентним водом карактеристичне импедансе $Z_c = Z_{\text{TE}_{10}} = 565,5 \Omega \approx 1,5Z_0$ са таласном дужином $\lambda_g = \lambda_{\text{TE}_{10}} = 111,94 \text{ mm} \approx l/2,25$. S -параметри таласовода су $s_{11} = s_{22} = 5/13$ и $s_{12} = s_{21} = -j12/13$.