

אין להעביר את הנוסחאון
לנבחן אחר

מקום לנספח בקת נבחן

נוסחאון במערכות תקשורת א' לכיתה י"ג

(11 עמודים)

נוסחאות עזר בטריגונומטריה

$$\sin \alpha \cdot \cos \beta = \frac{\sin (\alpha + \beta) + \sin (\alpha - \beta)}{2}$$

$$\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{\cos (\alpha + \beta) + \cos (\alpha - \beta)}{2}$$

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{\cos (\alpha - \beta) - \cos (\alpha + \beta)}{2}$$

אפנון תנופה

$$X_{AM}(t) = A_c [1 + m_a \cos \omega_m t] \cos \omega_c t$$

$$X_{AM}(t) = A_c \cos \omega_c t + \frac{m_a A_c}{2} \cos (\omega_c + \omega_m) t + \frac{m_a A_c}{2} \cos (\omega_c - \omega_m) t$$

ערך רגעי של מתח - $X_{AM}(t)$ [V]

בגל מאופנן AM

$$\omega_m = 2\pi f_m$$

תנופת הגל הנושא - A_c [V]

מקדם אפנון AM - m_a

תדר הגל המאפנן - f_m [Hz]

$$\omega_c = 2\pi f_c$$

מהירות זוויתית (תדר זוויתי) של הגל המאפנן - ω_m $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$

$$m_a = \frac{A_m}{A_c}$$

תדר הגל הנושא - f_c [Hz]

מהירות זוויתית (תדר זוויתי) של הגל הנושא - ω_c $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$

תנופת הגל המאפנן - A_m [V]

<p>התנופה של פס הצד העליון - $V_{USB(max)}$ [V]</p>	$V_{USB(max)} = \frac{A_m}{2}$
<p>התנופה של פס הצד התחתון - $V_{LSB(max)}$ [V]</p>	$V_{LSB(max)} = \frac{A_m}{2}$
<p>התדר של פס הצד העליון - f_{USB} [Hz]</p>	$f_{USB} = f_c + f_m$
<p>התדר של פס הצד התחתון - f_{LSB} [Hz]</p>	$f_{LSB} = f_c - f_m$
<p>רוחב פס של גל מאופנן AM - BW [Hz]</p>	$BW = 2f_m$
<p>הספק הגל הנושא - P_c [W]</p>	$P_c = \frac{A_c^2}{2R}$
<p>התנגדות העומס - R [Ω]</p>	
<p>הספק של גל מאופנן AM - P_{AM} [W]</p>	$P_{AM} = P_c + P_{USB} + P_{LSB}$
<p>ההספק של פס הצד העליון - P_{USB} [W]</p>	$P_{USB} = P_{LSB} = P_c \cdot \frac{m_a^2}{4}$
<p>ההספק של פס הצד התחתון - P_{LSB} [W]</p>	
<p>נצילות שידור ב־AM - η</p>	$P_{AM} = P_c \left(1 + \frac{m_a^2}{2} \right)$
	$\eta = \frac{1}{1 + \frac{m_a^2}{2}}$

אפנון תדר (FM)

$$X_{FM}(t) = A_c \cos(\omega_c t + \beta \sin \omega_m t)$$

ערך רגעי של מתח
בגל מאופנן FM - $X_{FM}(t)$ [V]

תדר הגל הנושא - f_c [Hz]

תדר הגל המאפנן - f_m [Hz]

מהירות זוויתית (תדר
זוויתי) של הגל הנושא - ω_c $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$

מהירות זוויתית (תדר
זוויתי) של הגל המאפנן - ω_m $\left[\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right]$

מקדם האפנון FM - $m_f = \beta$

סטיית התדר המרבית - $\Delta F_c (\text{max})$ [Hz]

$$\beta = m_f = \frac{\Delta F_c (\text{max})}{f_m}$$

$$B_{FM} = 2(\beta + 1) f_m$$

רוחב פס של גל מאופנן FM - B_{FM} [Hz]

הספק של גל מאופנן FM - P_{FM} [W]

התנגדות העומס - R [Ω]

$$P_{FM} = P_c = \frac{A_c^2}{2R}$$

אפנון מופע (PM)

$$X_{PM}(t) = A_c \cdot \cos(\omega_c t + K_p \cdot A_m \cos \omega_m t)$$

ערך רגעי של מתח
בגל מאופנן PM - $X_{PM}(t)$ [V]

קבוע אפנון מופע - K_p $\left[\frac{\text{rad}}{\text{V}} \right]$

סטייה מרבית של המופע - γ [rad]

רוחב פס של גל מאופנן PM - BW [Hz]

$$\gamma = K_p \cdot A_m$$

$$BW = 2(\gamma + 1) \cdot f_m$$

מתנדים

מתנד קלאפ (Clapp)

- f_0 [Hz] תדר התנודות במתנד
- C_1, C_2, C_3 [F] הקיבולים של קבלי מעגל התהודה
- L [H] השראות הסליל במעגל התהודה

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{L \cdot \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}}}$$

מתנד קולפיץ

- f_0 [Hz] תדר התנודות במתנד
- C_1, C_2 [F] הקיבולים של קבלי מעגל התהודה
- L [H] השראות הסליל במעגל התהודה

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{L \cdot \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}}}$$

מתנד הרטלי

- f_0 [Hz] תדר התנודות במתנד
- L_1, L_2 [H] ההשראויות של סלילי מעגל התהודה
- C [F] קיבול הקבל במעגל התהודה

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \sqrt{C \cdot (L_1 + L_2)}}$$

מקלטים

- תדר הביניים f_{IF} [Hz] -
- תדר המתנד המקומי f_{LO} [Hz] -
- תדר התחנה הנקלטת f_{RF} [Hz] -
- תדר הבבואה f_{IM} [Hz] -

$$f_{IF} = f_{LO} - f_{RF} \quad : \underline{f_{LO} < f_{RF}} \text{ עבור}$$

$$f_{IM} = f_{RF} + 2 \cdot f_{IF}$$

$$f_{LO} = f_{RF} - f_{IF} \quad : \underline{f_{LO} < f_{RF}} \text{ עבור}$$

$$f_{IM} = f_{RF} + 2 \cdot f_{IF}$$

מגברי תדר ביניים (IF) ומגברי ת"ר (RF)

- רוחב הפס BW [Hz] -
- תדר התהודה f_0 [Hz] -
- מקדם הטיב Q -
- השראות L [H] -
- קיבול C [F] -
- התנגדות שקולה R [Ω] -
- במקביל למעגל התהודה
מהירות זוויתית (תדר זוויתי) ω_0 [$\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$] -

$$BW = \frac{f_0}{Q}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$Q = \frac{R}{\omega_0 L} = R\sqrt{\frac{C}{L}}$$

גלאי מעטפת

- קבוע הזמן $R \cdot C$ [sec] -
- מהירות זוויתית (תדר זוויתי) של הגל הנושא ω_c [$\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$] -
- מהירות זוויתית (תדר זוויתי) של הגל המאפנן ω_m [$\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$] -
- מקדם אפנון m_a -

$$\frac{2\pi}{\omega_c} < R \cdot C < \frac{\pi}{\omega_m} \cdot \frac{1}{\ell_n \frac{1+m_a}{1-m_a}}$$

מרכיב תדרים

- תדר הייחוס - f_r [Hz]
- גורם חלוקה - N
- התדר במוצא - f_{out} [Hz]
- מרכיב התדרים

$$f_r = \frac{f_{out}}{N}$$

רעש

- מתח הרעש האפקטיבי (מתח תרמי) - V_n [V]

$$V_n = \sqrt{4 \cdot K \cdot T \cdot BW \cdot R}$$

- קבוע בולצמן - $K = 1.38 \cdot 10^{-23}$ $\left[\frac{J}{^\circ K} \right]$

- טמפרטורה - T [°K]

- התנגדות - R [Ω]

- רוחב הפס - BW [Hz]

$$P_{nr} = K \cdot T \cdot BW$$

- הספק הרעש (הספק תרמי) - P_{nr} [W]

הנמסר על-ידי נגד R

לרשת מתואמת

- יחס אות לרעש - S.N.R [dB]

$$S.N.R = 10 \log \frac{P_s}{P_n}$$

- הספק האות - P_s [W]

- הספק הרעש - P_n [W]

- ספרת הרעש של מגבר - NF

- הספק האות במבוא - P_{si} [W]

- הספק הרעש במבוא - P_{ni} [W]

- הספק האות במוצא - P_{so} [W]

- הספק הרעש במוצא - P_{no} [W]

- הגבר ההספק של - G

$$NF = \frac{\frac{P_{si}}{P_{ni}}}{\frac{P_{so}}{P_{no}}} = \frac{1}{G} \cdot \frac{P_{no}}{P_{ni}}$$

המגבר $\left(\frac{P_{so}}{P_{si}} \right)$

הספק הרעש שיוצר המגבר - P_n [W]
כאשר יש תיאום במבוא

$$P_n = (NF - 1) G \cdot K \cdot T \cdot BW$$

$$NF_T = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \frac{NF_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \dots + \frac{NF_N - 1}{G_1 \cdot G_2 \dots G_{N-1}}$$

ספרת הרעש הכוללת - NF_T
של N מגברים
המחוברים בקסקדה

תקשורת ספרתית

משפט נייקוויסט

קצב העברת האות הספרתי - D [baud]

$$D \leq 2 \cdot W$$

הקצב להעברת נתונים בקו תקשורת - R [bps]

$$R = D \cdot \log_2 M$$

רוחב הפס של הקו - W [Hz]

מספר הערכים השונים של האות הספרתי - M

$$M = 2^N$$

מספר הסיביות המוצפנות - N

הקצב המרבי להעברת נתונים בקו תקשורת - C [bps]

משפט שאנון

יחס ההספקים של אות לרעש - $\frac{P_s}{P_n}$

$$C = W \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_s}{P_n} \right)$$

קווי תמסורת

אורך הגל	-	λ	[m]	$\lambda = \frac{c}{f}$
תדר הגל	-	f	[Hz]	
מהירות האור	-	$c = 3 \cdot 10^8$	$\left[\frac{\text{m}}{\text{sec}} \right]$	$Z_0 = \sqrt{\frac{L^*}{C^*}}$
עכבה אופיינית של קו חסר הפסדים	-	Z_0	[Ω]	
השראות הקו ליחידת אורך	-	L^*	$\left[\frac{\text{H}}{\text{m}} \right]$	$v = \sqrt{\frac{1}{L^* \cdot C^*}}$
קיבול הקו ליחידת אורך	-	C^*	$\left[\frac{\text{F}}{\text{m}} \right]$	
מהירות ההתקדמות של גלי הזרם והמתח בקו	-	v	$\left[\frac{\text{m}}{\text{sec}} \right]$	

מקדם החזרה - Γ

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

עבור $Z_L > Z_0$

עכבת העומס - Z_L [Ω]

$$\Gamma = \frac{Z_0 - Z_L}{Z_0 + Z_L}$$

עבור $Z_0 > Z_L$

יחס גלים עומדים - S.W.R

$$\text{S.W.R} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

$$\text{S.W.R} = \frac{Z_L}{Z_0}$$

עבור $Z_L > Z_0$

$$\text{S.W.R} = \frac{Z_0}{Z_L}$$

עבור $Z_0 > Z_L$

$\left(\frac{\lambda}{4}\right)$ **שנאי רבע גל**

עכבה אופיינית של הקו - Z_0 [Ω]

עכבת העומס - Z_L [Ω]

עכבה אופיינית של הקו - Z_S [Ω]

המהווה שנאי רבע-גל

$$Z_S = \frac{Z_0^2}{Z_L}$$

$$Z_S = \sqrt{Z_0 \cdot Z_L}$$

אנטנות

צפיפות הספק במרחק R ממקור איזוטרופי - P^* [$\frac{W}{m^2}$]

הספק מקור השידור - P [W]

$$P^* = \frac{P}{4\pi R^2}$$

נצילות האנטנה - η

התנגדות הקרינה - R_r [Ω]

התנגדות ההפסדים - R_d [Ω]

$$\eta = \frac{R_r}{R_r + R_d}$$

כיווניות האנטנה - D

ההספק המוקרן בכיוון מועדף - P [W]

ההספק המוקרן על-ידי אנטנה איזוטרופית - P_t [W]

אנטנה איזוטרופית

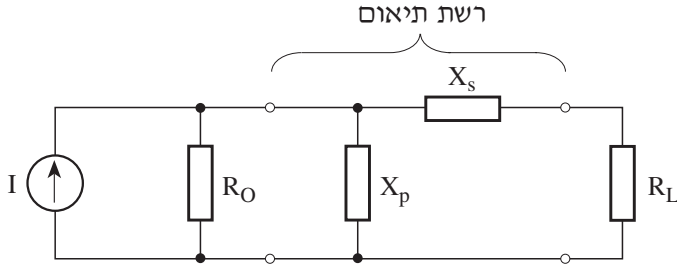
הגבר ההספק של האנטנה - A_p

$$D = \frac{P}{P_t}$$

$$A_p = \eta \cdot D$$

רשתות תיאום

רשת תיאום מסוג L



עכבה טורית - Z_s [Ω]

$$Z_p = Z_s$$

עכבה מקבילית - Z_p [Ω]

התנגדות מוצא של דרגה קודמת (מקור) - R_O [Ω]

$$\frac{R_O}{R_L} = Q^2 + 1$$

התנגדות העומס (מייצגת את ההתנגדות האופיינית של קו התמסורת) - R_L [Ω]

$$X_s = Q \cdot R_L$$

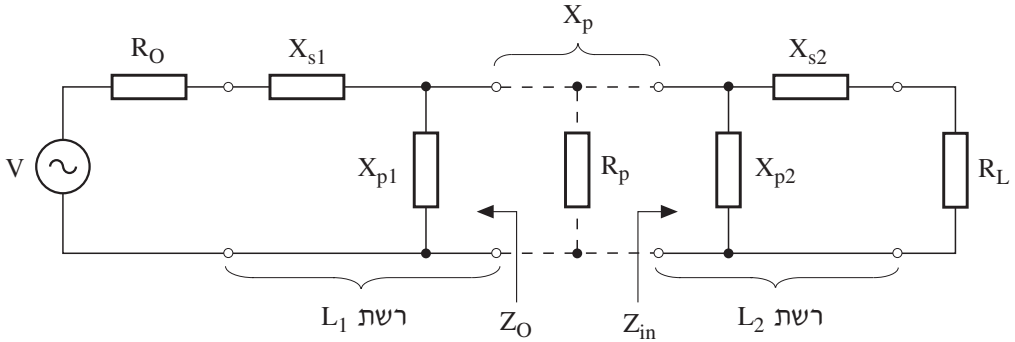
גורם הטיב - Q

היגב טורי - X_s [Ω]

היגב מקבילי - X_p [Ω]

$$X_p = \frac{R_O}{Q}$$

רשת תיאום מסוג T



התנגדות מוצא של דרגה קודמת (מקור) - R_O $[\Omega]$

התנגדות העומס - R_L $[\Omega]$

היגבים טוריים - X_{s2}, X_{s1} $[\Omega]$

היגבים מקביליים - X_{p2}, X_{p1} $[\Omega]$

עכבת מבוא - Z_{in} $[\Omega]$

עכבת מוצא - Z_O $[\Omega]$

$$Z_{in} = Z_O = R_p$$

$$R_p = R_O \left(Q_1^2 + 1 \right)$$

$$Q_2^2 = \frac{R_p}{R_L} - 1$$

$$X_{s1} = R_O \cdot Q_1$$

$$X_{s2} = R_L \cdot Q_2$$

$$X_{p1} = \frac{R_p}{Q_1}$$

$$X_{p2} = \frac{R_p}{Q_2}$$

$$X_p = \frac{X_{p1} \cdot X_{p2}}{X_{p1} + X_{p2}}$$

בהצלחה!