

مثال: ترانزیستوری در فرکانس ۱۰۰ MHz دارای پارامترهای ادیتاسن زیر می باشد

$$Y_i = 10 + j7.5 \text{ mS}, \quad Y_r = -0.1j \text{ mS}$$

$$Y_f = 55 - j20 \text{ mS}, \quad Y_o = 0.4 + j1.5 \text{ mS}$$

$$B_{\text{sopt}} = -18 \text{ mS}, \quad G_{\text{sopt}} = 10 \text{ mS}$$

$$F_{\text{min}} = 2.5 \text{ dB}, \quad R_n = 30 \Omega$$

با استفاده از داده های فوق می بایست LNA با ضریب  $G_t = 20 \text{ dB}$  و ضریب  $F = 3.5 \text{ dB}$  طراحی نماید

$$C = \frac{|Y_r Y_f|}{2g_i g_o - \text{Re}(Y_r Y_f)} = 0.585, \quad g_i = 10 > 0, \quad g_o = 0.4 > 0$$

ترانزیستور مطلقاً پایدار می باشد

ترانزیستور را بی طرف می کنیم

$$Y_h = \begin{bmatrix} -0.1j & 0.1j \\ 0.1j & -0.1j \end{bmatrix} \text{ mS}$$

$$Y = Y_t + Y_h = \begin{bmatrix} 10 + j7.4 & 0 \\ 55 - j19.9j & 0.4 + j1.4 \end{bmatrix} \text{ mS}$$

$$G_{t\text{max}} = \frac{|Y_f|^2}{\sqrt{(2g_i g_o - \text{Re}(Y_f Y_r))^2 - |Y_f Y_r|^2} + 2g_i g_o - \text{Re}(Y_f Y_r)} = 214 = 23.3 \text{ dB}$$

پس با توجه به مقدار  $G_{t\text{max}}$  فوق می توان به  $G_t = 20 \text{ dB}$  دست پیدا کرد.

$$G_t = g_s \cdot g_a \cdot g_L$$

$$Y_{\text{out}} = Y_o = 0.4 + j1.4 \text{ mS}$$

$$Y_L = Y_{\text{out}}^* = 0.4 - j1.4 \text{ mS}$$

$$\Rightarrow g_L = \frac{2G_L}{|Y_o + Y_L|^2} = 1250, \quad g_a = |Y_f|^2 = 3.42 \text{ m}$$

$$G_t = g_s \cdot g_a \cdot g_L \Rightarrow g_s = 23.4$$

دایره های مربوط به بهره :

$$(G_s + g_i - \frac{1}{g_s})^2 + (B_s + b_i)^2 = -\frac{1}{g_s} \times (2g_i - \frac{1}{g_s})$$

$$\Rightarrow (G_s + 10 - 42.8)^2 + (B_s + 7.4)^2 = 42.8(42.8 - 20) \Rightarrow$$

$$(G_s - 32.7)^2 + (B_s + 7.4)^2 = 975 \quad (1)$$

دایره های مربوط به نویز:

$$(G_s - G_{\text{min}} - \alpha)^2 + (B_s - B_{\text{min}} - \beta)^2 = \alpha(\alpha + 2G_{\text{min}} + \beta^2)$$

$$\Rightarrow (G_S - 26)^2 + (B_S + 18)^2 = 576 \quad (2)$$

① و ②  $\rightarrow$  تقاطع دو دایره

$$\begin{cases} (G_S, B_S) = (2.21^{ms}, -14.4^{ms}) \\ (G_S, B_S) = (40.11^{ms}, -37.73^{ms}) \end{cases}$$

هر دو جواب قابل قبولی باشند و در واقع تمامی نقاط روی دایره بهره ثابت که داخل دایره نویز ثابت است پاسخ قابل قبولی باشند.

فصل ۲: بررسی عملکرد غیر خطی ادوات الکترونیکی:

پدیده تولید اعوجاج هارمونیک: ناشی از وجود جلات مرتبه دوم و بالاتر در بسط سری توانی عناصر غیر خطی می باشد.

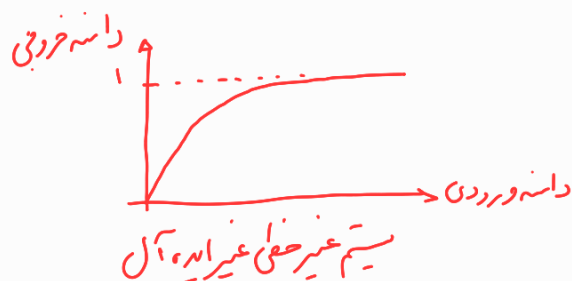
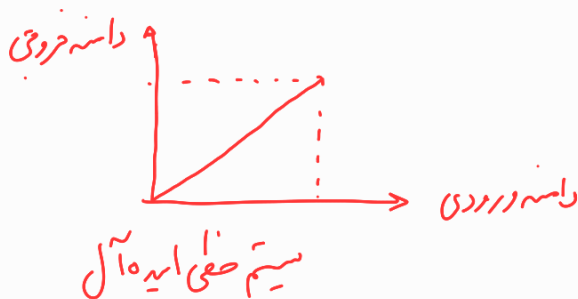
فرکانس  $m\omega$  ( $m = 0, 1, 2, \dots$ )

اعوجاج ترکیبی انترمدیو: ترکیب درودی شامل دو فرکانس مستقل باشد در خروجی سیگنالهای با فرکانسهای نزدیک خطی از فرکانسهای ترکیب می باشند تولید می گردد. مثلاً  $m\omega_1 + n\omega_2$  در مرتبه آن  $|m| + |n|$  تولید می شود.

اعوجاجهای مرتبه سوم ( $2\omega_1 - \omega_2$  و  $2\omega_2 - \omega_1$ ) مهم ترین پدیده اعوجاج غیر خطی می باشد چرا که در نزدیکی سیگنالهای اصلی تولید می شوند و حذف آنها به راحتی نمی باشد.



تبدیل AM-AM (اعوجاج دامنه)



مدل ریاضی برای سیستمهای غیر خطی به صورت استوانی می باشد یعنی توان خروجی در یک لحظه فقط تابعی از توان ورودی در همان لحظه می باشد.

$$e_o = K_1 e_i + K_2 e_i^2 + K_3 e_i^3 + \dots$$

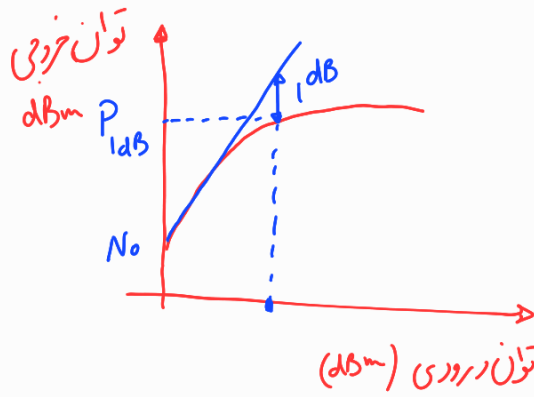
- ورودی تک فرکانس:  $e_i = A \cos(\omega_i t)$   
توجه: در سیم اول را بررسی می کنیم.

$$e_o = K_1 e_i + K_2 e_i^2 + K_3 e_i^3$$

چون  $K_3 \leq 0$

$$e_i = A \cos(\omega_i t)$$

$$\Rightarrow e_o = \frac{1}{2} k_2 A^2 + (k_1 A + \frac{3}{4} k_3 A^3) C_o \omega_1 t + \frac{1}{2} k_2 A^2 C_o (2\omega_1 t) + \frac{1}{4} k_3 A^3 C_o (3\omega_1 t)$$



برای هر ورودی اصل  $\omega_1$

$$G = 20 \log \frac{k_1 A + \frac{3}{4} k_3 A^3}{A} = 20 \log (k_1 + \frac{3}{4} k_3 A^2)$$

برای حالت خطی

$$G_o = 20 \log \frac{k_1 A}{A} = 20 \log k_1$$

$$G_{idB} = G_o - 1 \text{ dB}$$

نقطه مشردی به  $1 \text{ dB}$  به صورت سطح سیگنال زیر تعریف می شود:

$$k_1 + \frac{3}{4} k_3 A^2 = 0.891 k_1 \Rightarrow A^2 = 0.145 \frac{k_1}{|k_3|} \quad \text{و } k_3 < 0$$

اگر  $Z_{in} = Z_{out} = R^{\Omega}$  (امپدانس ورودی و خروجی بردارانه) داریم:

$$P_i = 10 \log \left( \left( \frac{A}{\sqrt{2}} \right)^2 \times \frac{10^3}{R} \right) \text{ dBm}$$

$$P_o = 10 \log \left( \left( \frac{k_1 A + \frac{3}{4} k_3 A^3}{\sqrt{2}} \right)^2 \frac{10^3}{R} \right) \text{ dBm} = P_i + G$$

$$\Rightarrow P_{idB} = G_{idB} + P_i = G_o - 1 + P_i \text{ dBm}$$

$$\Rightarrow P_{idB} = G_o - 1 + 10 \log \left( \frac{0.145 k_1 10^3}{2 |k_3| R} \right) \text{ dBm} = 10 \log \left( \frac{1}{17.33} \frac{k_1^3}{|k_3|} \frac{10^3}{R} \right) \text{ dBm}$$

اگر  $R = 50 \Omega$

$$P_{idB} = 10 \log \frac{k_1^3}{|k_3|} + 0.62 \text{ dBm}$$

مثال: یک در دهانه با مسطحه تبدیل زیر را در نظر بگیرید ( $R = 50 \Omega$ )

$$e_o = 15e_i - 2e_i^3$$

ب) محاسبه  $A$  و توان خروجی  $P$

مطلوبه می باشد:  
الف)  $G_o$  و  $G_{idB}$

$$k_1 = 15, k_2 = 0, k_3 = -2$$

$$G_o = 20 \log k_1 = 23.5 \text{ dB}$$

$$G_{idB} = G_o - 1 = 23.5 - 1 = 22.5 \text{ dB}$$

الف)

$$A = \sqrt{0.145 \frac{K_1}{|K_3|}} = 1.044 \text{ V}$$

$$P_{\text{dB}} = 10 \log \frac{K_1^3}{|K_3|} + 0.62 = 32.89 \text{ dBm} \quad (4)$$

- ورودی در فرکانس:

$$e_i = A(\cos \omega_1 t + \cos \omega_2 t)$$

$$\begin{aligned} e_o = & \underline{K_2 A^2} + \underline{K_2 A^2 \cos(\omega_1 - \omega_2)t} + (\underline{K_1 A} + \frac{9}{4} \underline{K_3 A^3}) \cos \omega_1 t + (\underline{K_1 A} + \frac{9}{4} \underline{K_3 A^3}) \cos \omega_2 t + \\ & + \frac{3}{4} \underline{K_3 A^3 \cos(2\omega_1 - \omega_2)t} + \frac{3}{4} \underline{K_3 A^3 \cos(2\omega_2 - \omega_1)t} + \underline{K_2 A^2 \cos(\omega_1 + \omega_2)t} + \\ & + \frac{1}{2} \underline{K_2 A^2 \cos 2\omega_1 t} + \frac{1}{2} \underline{K_2 A^2 \cos 2\omega_2 t} + \frac{3}{4} \underline{K_3 A^3 \cos(2\omega_1 + \omega_2)t} + \frac{3}{4} \underline{K_3 A^3 \cos(2\omega_2 + \omega_1)t} \\ & + \frac{1}{4} \underline{K_3 A^3 \cos 2\omega_1 t} + \frac{1}{4} \underline{K_3 A^3 \cos 2\omega_2 t} \end{aligned}$$