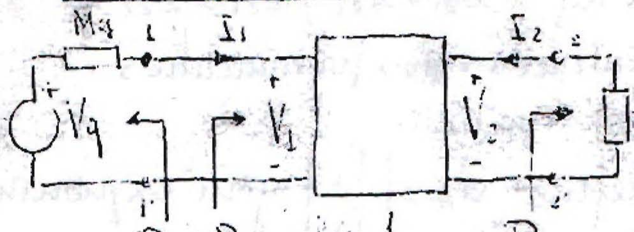
SINTESIS DE CUADRIPOLOS PASIVOS ESPECIALES

Expondremos como tales los adaptadores, atenuadores y filtros, pero antes de entrar en el estudio de su sintetización debemos dejar bien asentados los conceptos de pérdidas y ganancias que son usados en algunos métodos hechos en dichos cuadripolos o en el diseño de los mismos.

1.- PERDIDAS Y GANANCIAS.-

En general, una ganancia, es la relación modular entre dos magnitudes de igual naturaleza, que pueden ser tensión, corriente o potencia. Su expresión general es $G(\omega^2)$ y puede ser $G(\omega^2) \gtreqless 1$. Cuando es $G(\omega^2) > 1$ la relación correspondiente revela una verdadera ganancia, pero si es $G(\omega^2) < 1$ dicha relación en vez de ser una ganancia es una pérdida y ello puede expresarse también mayor que la unidad definiendo la pérdida como la inversa de la ganancia $\Pi(\omega^2) = 1/G(\omega^2)$



P_{Dg} P_E fig 1 P_c

En el cuadripolo hay varias ganancias o pérdidas que expondremos a continuación. Atendiendo a la fig 1 tenemos

$M_g = (Z_g ; Y_g)$ inmitancia del generador

$M_c = (Z_c ; Y_c)$ " de la carga

P_{Dg} = Potencia Disponible en el generador ; P_E = Potencia a la Entrada

P_c = Potencia en la carga

Las distintas ganancias o pérdidas se revelan mediante el uso de subíndices correspondientes y como sabemos que son funciones pares siempre, para ahorrar espacio escribiremos simplemente G con su subíndice correspondiente o Π.

1) Ganancia de tensión.- Se define $G_V = \left|\frac{V_2}{V_1}\right|$ y su expresión analítica (ver libro de Circuitos Eléctricos 2ª parte) es

$G_V = \left|\frac{z_{21} Z_c}{\Delta_z + z_{11} Z_c}\right| = \left|\frac{y_{21}}{y_{22} + Y_c}\right|$ debe verse que estas expresiones son irracionales, pues como valor modular están dentro de una raíz cuadrada. Sin embargo, al trabajar a una frec. fija G_V tiene un valor numérico que no revela la irracionalidad de la función de donde proviene.

También podemos definir $G_V = \left|\frac{V_c}{V_g}\right| = |T_V|^2$ lo que equivale a considerar la impedancia Z_g dentro del cuadripolo, por lo que su matriz impedancia tiene $z'_{11} = z_{11} + R_g$; $z'_{21} = z_{21}$; $z'_{22} = z_{22}$ y $\Delta'_z = \Delta_z + z_{22} Z_g$ y utilizaremos entonces estos parámetros en la primera fórmula de G_V dada antes.

2) <u>Ganancia de corriente</u>.- Se define $G_A = \left|\frac{I_2}{I_1}\right|$ y su expresión analítica es $G_A = \left|\frac{z_{21}}{z_{22}+Z_c}\right| = \left|\frac{y_{21}Y_c}{\Delta_y + y_{11}Y_c}\right|$ Si deseamos, también podemos considerar $G_A = \left|\frac{I_2}{I_g}\right|$ lo que equivale a estimar que a la entrada hay una fuente de corriente I_g con admitancia Y_g y considerando ésta dentro del cuadripolo, tenemos otro cuadripolo con matriz admitancia $y'_{11} = y_{11} + Y_c$; $y'_{21} = y_{21}$ y $\Delta'_y = \Delta_y + y_{22}Y_g$, poniendo entonces estos parámetros en la 2ª fórmula de G_A dada antes.

3) <u>Ganancias de potencia</u>.- Hay tres definiciones principales que son:

3-1) <u>Ganancia de Paso</u>.- Se define como la relación de la potencia en la carga P_C y la potencia en la entrada P_E, $G_P = \frac{P_C}{P_E}$ Su expresión analítica es

$$G_P = \frac{|P_{21}|^2 Re[M_c]}{Re[P_{11} - P_{12}P_{21}/(P_{22}+M_c)]\,|P_{22}+M_c|^2}$$

donde los parámetros P_{ij} y M_c son los de la matriz z y Z_c ó los de la matriz y y Y_c

3-2) <u>Ganancia como Transductor</u>.- Se define como la relación de la potencia en la carga P_C y la Potencia Disponible en el Generador P_{DG} $G_T = \frac{P_C}{P_{DG}}$ con expresión analítica $G_T = \frac{4|P_{21}|^2 Re[M_g]Re[M_c]}{|(P_{11}+M_g)(P_{22}+M_c) - P_{12}P_{21}|^2}$ donde como antes si trabajamos con la matriz z empleamos $M_g = Z_g$ y $M_c = Z_c$ y si trabajamos con la matriz y serán $M_g = Y_g$ e $M_c = Y_c$

3-3) <u>Ganancia de Inserción</u>.- Considerando originalmente conectada la carga directamente al generador existe en ella:

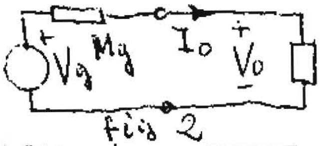


Fig 2

I_0 = corriente original en la carga

V_0 = tensión original en la carga ; P_0 = potencia original en la carga
Se define la ganancia de inserción como la relación entre la potencia en la carga al insertar el cuadripolo P_c y la potencia original P_0 $\quad G_I = \dfrac{P_c}{P_0} = \left|\dfrac{V_2}{V_0}\right|^2 = \left|\dfrac{I_2}{I_0}\right|^2$ Su expresión analítica en función de las matrices $\underline{z}$ ó $\underline{y}$ es

$$G_I = \frac{|R_{21}|^2 |M_g + M_c|^2}{|(R_{11}+M_g)(R_{22}+M_c) - R_{12}R_{21}|^2}$$

Entre las ganancias definidas existen las siguientes propiedades

a) Por ser $P_{DG} \geq P_E$ es $G_P \geq G_T$

b) Es $G_I = \dfrac{|M_g + M_c|^2}{4R_e[M_g]R_e[M_c]} G_T$ pero $|M_g + M_c|^2 \geq 4R_e[M_g]R_e[M_c]$

por lo que también es $G_I \geq G_T$ ademas por ser $P_0 \leq P_{DG}$

c) Si el cuadripolo contiene sólo elementos reactivos es $P_E = P_c$ y $G_P = 1$

d) Las expresiones analíticas de las ganancias de potencias son todas racionales.

En cuanto a pérdidas, existen también las pérdidas
1) de tensión Π_V ; 2) de corriente Π_A; 3) de paso Π_P
4) como transductor Π_T y 5) de inserción Π_I, que son las inversas de las ganancias correspondientes.

2.– <u>Expresiones logarítmicas de pérdidas y ganancias</u>. – Se pueden dar en logaritmos neperianos o decimales.

Las ganancias logarítmicas las expresaremos Λ cuando vengan en log. neperianos y con A cuando estén en log. decimales llevando además el subíndice de la correspondiente ganancia. Así puede ser Λ_I y A_V. La primera indica ganancia de inserción en log. neperianos y la segunda ganancia de tensión en log. decimales.

En log. neperianos las expresiones que dan la ganancia de corriente y de tension son:

$\Lambda_A = \ln G_A$ y $\Lambda_V = \ln G_V$ mientras que para las potencias las expresiones llevan el coef $\frac{1}{2}$, teniendo así

$\Lambda_P = \frac{1}{2} \ln G_P$; $\Lambda_T = \frac{1}{2} \ln G_T$ y $\Lambda_I = \frac{1}{2} \ln G_I$

Esto esta hecho con la finalidad de que en ciertas ocasiones la ganancia de una tension o corriente pueda ser igual a la de una potencia, pues así por ejemplo como es

$P_E = |I_1|^2 Re[Z_1] = |V_1|^2 Re[Y_1]$ siendo $Z_1 = \frac{1}{Y_1}$ la impedancia a la entrada del cuadripolo. Pero la potencia en la carga es

$P_c = |I_2|^2 Re[Z_c] = |V_2|^2 Re[Y_c]$ Por eso, la ganancia de paso es $G_P = \frac{P_c}{P_E} = G_A^2 \frac{Re[Z_1]}{Re[Z_c]} = G_V^2 \frac{Re[Y_1]}{Re[Y_c]}$ y según la definición anterior es

$\Lambda_P = \Lambda_A + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{Re[Z_1]}{Re[Z_c]}\right) = \Lambda_V + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{Re[Y_1]}{Re[Y_c]}\right)$ y cuando se verifique, en este caso que sea $Z_1 = Z_c$ se verificara que

$\Lambda_P = \Lambda_A = \Lambda_V$ La unidad en que van medidas estas ganancias se denomina "neper" expresado np, pudiendo tener así por ejemplo $\Lambda = 7.5$ np

En log. decimales las ganancias, dadas en decibelios se definen, para corriente y tension

$A_A = 20 \lg G_A$ y $A_V = 20 \lg G_V$ y para las potencias son $A_P = 10 \lg G_P$; $A_T = 10 \lg G_T$ y $A_I = 10 \lg G_I$

pudiendo así llegar a ser, como antes una ganancia de potencia igual a una de tension o de corriente

En decibelios se expresa dB así por ejemplo, puede ser $A = 18.3$ dB la expresión de una ganancia

Las pérdidas logarítmicamente se expresan igual que las ganancias pero para distinguir unas de otras, las pérdidas, neperianas, las expresamos α y las decimales, a, ambas con su subíndice correspondiente. Sus expresiones analíticas son análogas a las de las ganancias solo que cambiando en ellas G por Π. Así pueden ser

$\alpha_A = \mathrm{Ln}\,\Pi_A$; $\alpha_T = \frac{1}{2}\mathrm{Ln}\,\Pi_T$ en nepers ó $a_A = 20\lg \Pi_A$; $a_T = 10\lg \Pi_T$ en dB

De aquí se deduce que, en general, por ser $\Pi = 1/G$ es siempre

$$\alpha = -\Lambda \quad \text{ó} \quad a = -A$$

lo que nos permite expresar siempre pérdida o ganancia positiva pues si por ejemplo en el proceso de cálculo hemos obtenido una ganancia $A = -15\,dB$ podemos manifestarla como una pérdida $a = 15\,dB$

4) <u>Expresión logarítmica de las inmitancias de transferencia</u>. - Estas son Z_{21} e Y_{21}, pero teniendo en cuenta que las otras dos funciones de transferencia son $T_V = \frac{V_2}{V_1}$ y $T_I = \frac{I_2}{I_1}$ que son las ganancias de tensión y de corriente dadas antes, por analogía expresamos

$\Lambda_Z = \mathrm{Ln}|Z_{21}|$ en nepers ó $A_Z = 20\lg|Z_{21}|$ en dB

y $\Lambda_Z = \mathrm{Ln}|Y_{21}|$ " " " $A_Y = 20\lg|Y_{21}|$ " "

5) <u>Medidas logarítmicas</u>. - Se puede comparar una potencia, tensión o corriente P_M, V_M o I_M, correspondiente, generalmente a una carga, con tres unidades P_o, V_o o I_o y así se manifiestan estas medidas como ganancias en dB respecto a las unidades de referencia expresadas así

$$A_{P_o} = 10\lg\frac{P_M}{P_o} \quad ; \quad A_{V_o} = 20\lg\frac{V_M}{V_o} \quad y \quad A_{I_o} = 20\lg\frac{I_M}{I_o}$$

Las unidades pueden ser 1p, 1n, 1μ, 1m, 1, 1K, 1M o 1G correspondientes al watt, volt. o amp. Así teniendo la medida $P_M = 20\,W$ si la queremos expresar logarítmicamente con respecto al mW decimos

$A_{mw} = 10 \lg \frac{20}{10^{-3}} = 43\, dB_{mw}$ o si hemos medido $V_M = 0.5V$ y lo queremos expresar logarítmicamente respecto al mV diremos que es $A_{mV} = 20 \lg \frac{0.5}{10^{-3}} = 54\, dB_{mV}$ También si nos dan una medida logarítmica $A_{nA} = 30\, dB_{nA}$ será $30 = 20 \lg \frac{I_M}{10^{-9}} = 20(9 + \lg I_M)$ de donde $I_M = 3.16 \cdot 10^{-8} A = 31.6\, nA$

Para la medida de potencia se puede emplear un voltímetro con escala decibélica, pues si la carga es resistiva R_c y el voltímetro está diseñado para una resistencia de referencia R_0, como vimos antes será $A_{P_0}' = A_{V_0} + 10 \lg \frac{R_0}{R_c}$

Cuando es $R_c = R_0$ tenemos

$A_{P_0} = A_{V_0}$ que es lo que se lee en la escala logarítmica, sino para tener A_{P_0} hay que añadirle la corrección $10 \lg \frac{R_0}{R_c}$ está estandarizado $P_0 = 1 mW$ y $R_0 = 600 \Omega$, luego las medidas en la escala de potencia son A_{mw} o en dB_{mW}, pero si la carga que tenemos es $R_c = 200$ a la lectura hay que añadirle $10 \lg \frac{600}{200} = 4.8\, dB_{mw}$

6) Relaciones entre el neper y el decibelio.- Debido a que $\ln 10 = 2.3026$ y $\lg e = 0.4343$ y a los coeficientes que acompañando al logaritmo llevan las expresiones Λ, A, α y a, es facil ver que

$$1 dB = 0.115 np \quad \text{o} \quad 1 np = 8.686 dB$$

por lo que $\Lambda = 0.115 A$ o $\alpha = 0.115 a$

y $A = 8.686 \Lambda$ o $a = 8.686 \alpha$

expresiones que facilmente nos permiten pasar cualquier pérdida o ganancia dada en decibelios a nepers o viceversa.