

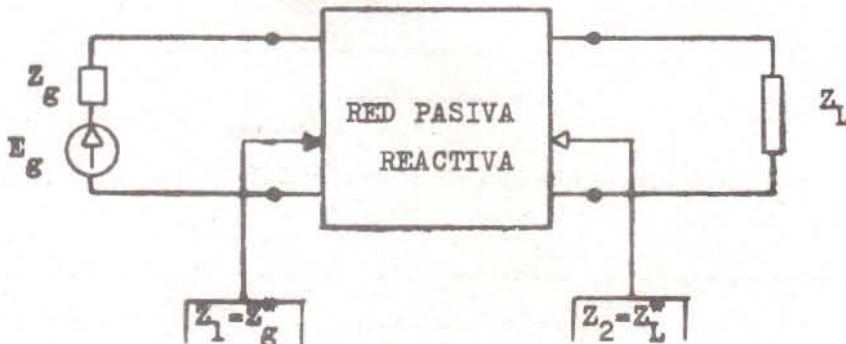
PRACTICA No. 23

CUADRIPOLO DE ADAPTACION

INFORMACION TEORICA.

El teorema de máxima transferencia de energía exige que la impedancia de la carga debe ser igual en magnitud a la impedancia interna del generador para que éste pueda entregar a la carga la máxima potencia. Esta transferencia llega a su máximo absoluto si además la impedancia de la carga es la conjugada de la impedancia del generador.

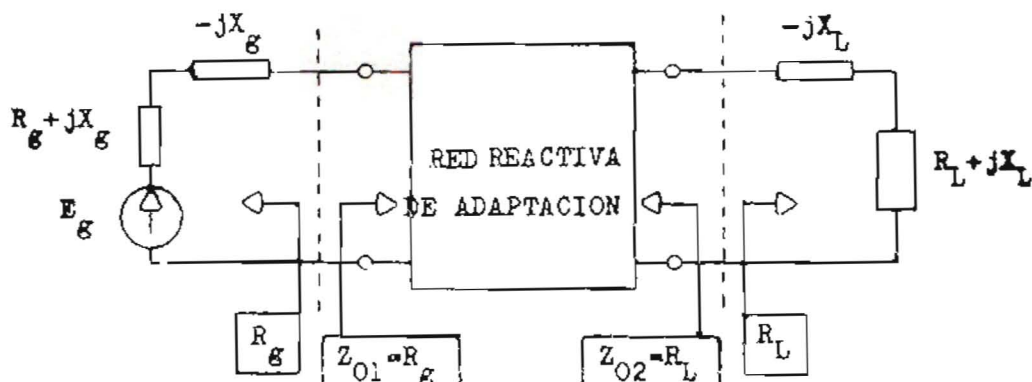
Sin embargo en la mayoría de los casos reales, las impedancias del generador y de la carga están fijadas por las circunstancias, y no cumplen con las condiciones citadas. Se hace entonces necesario encontrar una manera de transformar estas impedancias por medio de una red auxiliar colocada entre el generador y la carga, de manera que el generador vea una impedancia igual a la suya propia y la carga también vea una impedancia igual a la suya propia. Para la máxima absoluta transferencia la transformación tendrá que ser de adaptación conjugada de las impedancias. Generalmente la transformación se efectúa por medio de un cuádrupolo, y para que éste no absorba energía, todos sus componentes tienen que ser puramente reactivos. De esta manera, si el cuádrupolo presenta una impedancia de entrada $Z_1 = Z_g^*$, el generador cederá la máxima (absoluta) energía al cuádrupolo, y puesto que éste no disipa energía por ser reactivo, toda la energía podrá llegar a la carga, si la impedancia de salida del cuádrupolo es igual a la impedancia (conjugada) de la carga ($Z_2 = Z_L^*$).



Para evitar la dificultad del cálculo de una red pasiva reactiva que cumpla con la condición de adaptación conjugada de las impedancias, y obtener en el mismo tiempo la transferencia máxima absoluta, existe una manera clásica que reduce la adaptación conjugada a la adaptación imagen. Para este efecto, se coloca en serie a la Z_g la reactancia $-jX_g$ y en serie a la Z_L la reactancia $-jX_L$, de manera que las impedancias del generador y de la carga se reducen a sus valores resistivos R_g y R_L .

El cuadripolo de transformación tendrá que tener así su impedancia imagen $Z_{01} = R_g$ y también $Z_{02} = R_L$ para que se efectúe la máxima transferencia absoluta de energía.

El circuito de bloque se presentará en la siguiente manera.

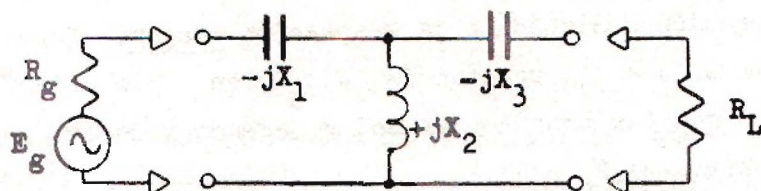


Hacemos notar que la compensación de las reactancias del generador y de la carga es bastante fácil para altas frecuencias; al contrario, para bajas frecuencias la compensación en muchos casos es físicamente irrealizable.

Los cuadripolos de transformación más usados son las redes T, Pi, L y el transformador. Todas las redes introducen un defasaje entre las tensiones de entrada y de salida, debido a su reactancia. Se estudiarán aquí la red T y la red L.

I) CUADRIPOLO DE ADAPTACION EN T.

De la teoría se deduce que una de las tres reactancias tiene que ser de signo opuesto al de las otras dos. En general se acostumbra poner la reactancia inductiva entre dos capacitivas, según el esquema siguiente.



También es costumbre fijar como dato el defasaje β y calcular las tres reactancias en función de él.

Aplicando las condiciones de transformación y suponiendo $R_g > R_L$, se deducen las fórmulas para los tres parámetros de la red.

$$X_2 = \frac{\sqrt{R_g R_L}}{\text{sen } \beta}$$

$$X_1 = X_2 - R_g \cotg \beta = X_2 \left(1 - \sqrt{\frac{R_g}{R_L}} \cos \beta \right)$$

$$X_3 = X_2 - R_L \cotg \beta = X_2 \left(1 - \sqrt{\frac{R_L}{R_g}} \cos \beta \right)$$

En caso de ser $R_L > R_g$, se cambia R_g por R_L y viceversa.

El valor de X_2 define los de los otros dos parámetros; y puesto que $X_2 = \omega L$ se nota que se puede arbitrariamente elegir o la frecuencia o la inductancia. En Comunicaciones la frecuencia ya es un dato de operación y no queda que determinar la inductancia. Al contrario en laboratorio, se acostumbra fijar la inductancia que se tiene a disposición y determinar la frecuencia de trabajo.

Se observa que, por ser los valores de las tres reactancias esencialmente positivos, la expresión de la primera reactancia limita el defasaje a un valor mínimo, que es aquel para el cual se tiene:

$$1 - \sqrt{\frac{R_g}{R_L}} \cos \beta = 0, \text{ es decir } \cos \beta = \sqrt{\frac{R_L}{R_g}}$$

Los valores de X_2 y X_3 son siempre positivos en todo el campo de defasaje ($0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$).

En particular si se fija el defasaje a 90° , el valor de X_2 se denomina valor crítico, y para este valor la T se hace simétrica y se tiene:

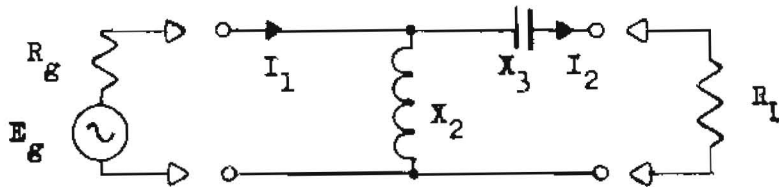
$$X_1 = X_2 = X_3 = \sqrt{R_g R_L}$$

Para $R_L = R_g$ la T es siempre simétrica, cualquier sea el defasaje.

II) CUADRIPOLO DE ADAPTACION EN L.

La semicélula en L se deduce de la T cuando $\cos \beta = \sqrt{R_L / R_g}$, continuando con la hipótesis $R_g > R_L$.

Para este caso la X_1 se anula y quedan la X_2 y la X_3 . Siguiendo la costumbre de poner el capacitor en serie, el esquema será el siguiente:



Las fórmulas para el cálculo de los parámetros son las siguientes, llamando con β el defasaje entre I_1 e I_2 ,

$$\cos \beta = \sqrt{\frac{R_L}{R_g}}$$

$$X_2 = R_g \sqrt{\frac{R_L}{R_g - R_L}}$$

$$X_3 = \sqrt{R_L (R_g - R_L)} = \frac{R_g R_L}{X_2}$$

La capacitancia de la X_3 se puede obtener también con la fórmula que se deduce de la precedente:

$$C = \frac{L}{R_g \cdot R_L}$$

siendo

$$X_2 = \omega L.$$

Se observa que, en el caso particular que sea $R_L = R_g$ se obtiene $X_2 = \infty$. Esto significa que la reactancia inductiva tiene que ser de valor infinito (lo que equivale a decir que entre los terminales de L hay circuito abierto). También se deduce $X_3 = 0$, lo que significa que hay corto circuito entre los terminales de C. En otras palabras, desaparece la red en L. Esto es lógico, porque en el caso de $R_L = R_g$, no se necesita la red adaptadora (ya se cumple la condición de máxima transferencia).

En caso de ser $R_L > R_g$, se intercambian R_g con R_L y por consiguiente la rama capacitiva se antepone a la inductiva; en otras palabras la reactancia inductiva estará siempre en paralelo con la resistencia mayor.

También aquí, en laboratorio se usa partir del valor L del inductor a disposición y determinar la frecuencia de trabajo (lo que no es lo corriente en las comunicaciones industriales).

El cuadripolo adaptador en L tiene la ventaja de requerir un mínimo de elementos, pero en muchos casos los valores de los parámetros son de difícil o hasta imposible realización física.

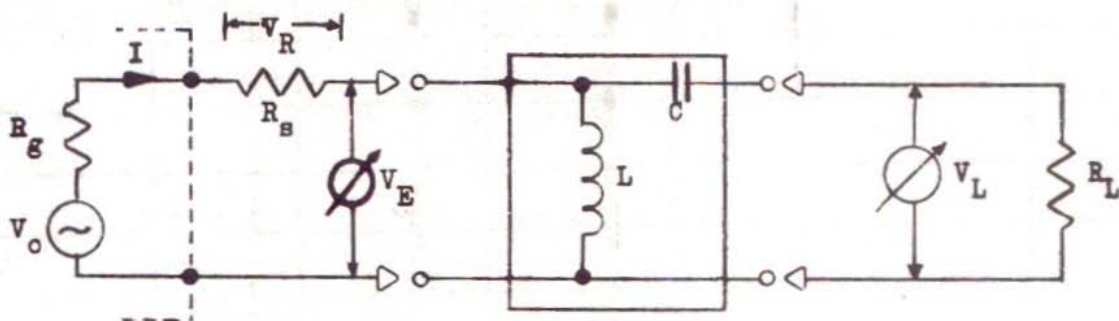
PROCEDIMIENTO.

I) Red adaptadora en L.

1. Diseñe una red L para adaptar un oscilador con impedancia nominal de salida de 600 ohm (más una resistencia serie de 10 ohm) a una carga resistiva de 100 ohm. Parta del valor asignado de la inductancia y calcule la frecuencia de trabajo, el defasaje y la capacidad. Controle experimentalmente la verdadera frecuencia de máxima transferencia, variando la frecuencia hasta obtener un máximo para V_L .

Deje la frecuencia de trabajo a este valor (f_o).

2. El esquema circuital es el siguiente.



3. Fije un voltaje de salida del oscilador a circuito abierto V_o y controle de vez en cuando su valor.

4. Para este voltaje de salida compruebe el valor de la impedancia de salida del oscilador, por medio de un medidor de potencia de salida (Output Power Meter). Se obtiene cuando el voltímetro mide la máxima deflexión (aplicación del teorema de Thévenin).

5. Determine la potencia entregada a la carga (usando un VTVM para medir el voltaje V_L):

a) con la red reactiva calculada, determinando con el osciloscopio el defasaje entre las tensiones de entrada y salida para cinco frecuencias alrededor de f_o .

b) con la red reactiva y frecuencia f_o , pero con valores del parámetro capacitivo distintos del calculado (3 valores mayores y 3 menores del calculado), además del valor calculado.

c) sin la red reactiva, conectando directamente el oscilador a la carga. Cortocircuite la resistencia serie de 10 ohm.

d) siempre sin la red reactiva, cortocircuitando el resistor R_s y poniendo como carga un resistor de 600 ohm (igual a la impedancia del generador).

6. Llene los siguientes cuadros (controlando cada vez el voltaje del oscilador a circuito abierto).

a)

f	V_E	V_L	V_R	Eje mayor	Eje menor	Defasaje	Potencia transferida

b)

C	V_E	V_L	V_R	Potencia transferida

c)

R_L	V_L	Potencia transferida
100		

d)

R_L	V_L	Potencia transferida
600		

7. En el informe trace la curva de la potencia de salida versus capacitancia, y determine sobre el gráfico el máximo experimental de potencia transferida.

8. En la suposición de que la impedancia del generador sea puramente re-

ramente resistiva, calcule la potencia total desarrollada por el oscilador para los puntos c y d del paso 5 por medio de la fórmula:

$$P_T = V_o \cdot I = V_o \frac{V_L}{R_L}$$

Calcule el rendimiento de la transferencia para los dos casos.

II) Red adaptadora en T.

1. Repita (con las oportunas variaciones) el procedimiento para una red en T, con defasaje de 120° y carga de 100 ohm.
2. Diseñe y realice la red para defasaje de 90° y carga de 100 ohm.
3. Diseñe y realice la red en T para la carga de 600 ohm, con defasaje de 120° .