Acoplamiento a las cavidades resonantes

Para poder utilizar las características selectivas de frecuencia de las cavidades resonantes, es necesario acoplar energía hacia dentro y hacia fuera de la cavidad. El problema realmente es acoplar energía de los campos de la cavidad resonante a una linea de transmisión o guía de onda que conecte el resonador al resto del sistema. Consideramos primero una línea coaxial conectado a una cavidad resonante. Básicamente hay dos maneras que la línea de transmisión puede acoplar los campos del resonador. Primero, la línea coaxial puede acoplar al campo magnético del resonador al insertar un lazo de alambre dentro del resonador de manera que enlace el campo magnético del resonador. Esta situación se muestra en la figura 5, y se puede aplicar al modo TE_{101} en el resonador rectangular.

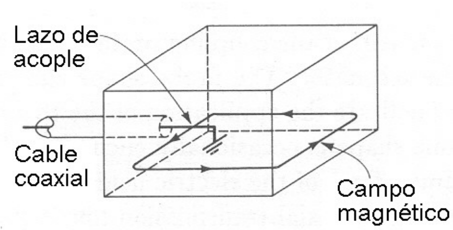


Figura 5.
Acople del campo magnético a una cavidad resonante.

Esta forma de acople actúa como una fuente de voltaje para la cual el voltaje de circuito abierto puede encontrarse al aplicar la ecuación de Maxwell:

$$\oint \boldsymbol{E}\cdot d\,\boldsymbol{l} = -j\omega\mu \iint \boldsymbol{H}\cdot d\,\boldsymbol{a}$$

En el caso cuando el campo magnético que enlaza el alambre es paralelo al vector de superficie, esto se reduce a

$$V_{ca} = -j\omega\mu \iint H\,da \qquad (13)$$

Para una aplicación, una corriente fluiá en el lazo y el voltaje de la entrada de la linea de transmisión será menor que el voltaje de circuito abierto, V_{ca}.

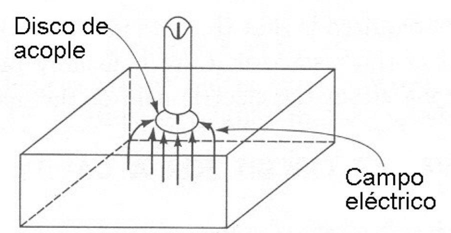


Figura 6.
Acople al campo eléctrico de una cavidad resonante.

El segundo método de acoplar una línea de transmisión a una cavidad resonante es por medio del acople del campo eléctrico. Este método de acople se logra al insertar una sonda dentro de la cavidad resonante. Un dibujo de esta configuración física se muestra en la figura 6 y es posible aplicarlo al resonador rectangular operando en el modo TE_{101}. Este método de acoplamiento actúa como una fuente de corriente con una corriente en corto circuito determinado por el principio de la conservación de corriente.
El flujo de corriente en la linea de transmision es igual a la corriente de desplazamiento que fluye hacia dentro del disco debido al los campos de la cavidad. Al ignorar el desbordamiento de los campos, la expresión para la corriente en corto circuito es

$$I_{cc} = j\,\omega\,\epsilon \iint \boldsymbol{E} \cdot d\,\boldsymbol{a} \qquad (14)$$

El disco que carga el extremo de la sonda de acople no es estrictamente necesario para acoplar los campos del resonador. La forma mostrado en la figura se seleccionó principalmente para facilitar la aplicacion de la teoría que conduce a la ecuación (14). Sin embargo esta forma de sonda se usa ocasionalmente en la práctica.

La forma más común de la sonda de campo eléctrico es aquel en el cual el conductor central de la línea de transmisión coaxial simplemente se extiende dentro del resonador. Es importante notar que el acople más efectivo se logra cuando el campo electrico en el resonador y el vector de superficie de disco que carga el extremo de la sonda son paralelos.

Las guías de onda se acoplan a los resonadores por medio de aperturas que permiten los campos de una estructura establecer un campo en la segunda estructura. Vean los ejemplos de acople mostrados en la figura 7. Básicamente, todo lo que se requiere es que el campo en la guía de onda esté paralelo al campo deseado en el resonador.

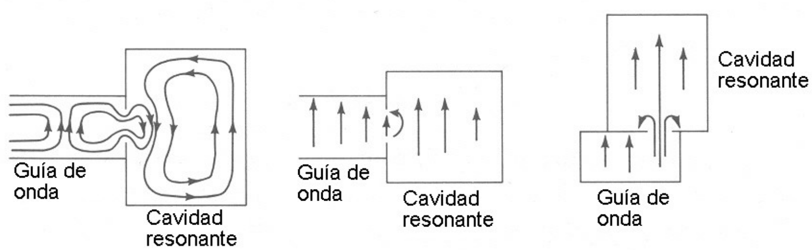


Figura 7.
Técnicas de acople guía de onda - resonador

El circuito equivalente de una cavidad resonante

Se puede desarrollar un circuito equivalente aplicable en un punto sobre una línea de transmisión que se acopla a una cavidad resonante al considerar el flujo de potencia compleja sobre una línea de transmisión. Un ejemplo de la estructura se muestra en la figura 8. La potencia compleja que fluye dentro de esta línea de transmisión se puede determinar por el teorema de Poynting. Cuando no hay fuentes dentro del volumen,

$$-\oiint_S \boldsymbol{P}\cdot d\,\boldsymbol{a}=\iiint_V \sigma|\boldsymbol{E}|^2\,dV+j\,\omega\iiint_V (\mu|\boldsymbol{H}|^2-\epsilon|\boldsymbol{E}|^2)\,dV \qquad (15)$$

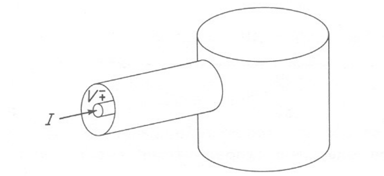


Figura 8.
Línea de transmisión coaxial acoplada a una cavidad.

La mano izquierda de la ecuación (15) es la potencia compleja en algún punto sobre la línea de transmisión.

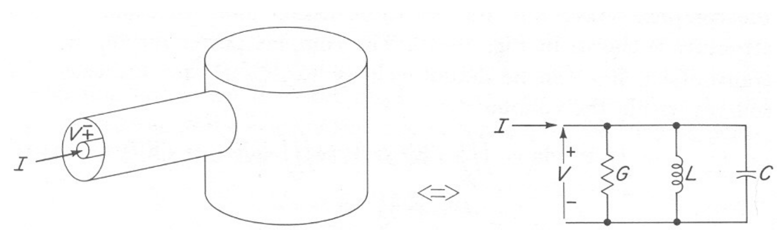
$$-\oiint_S \boldsymbol{P}\cdot d\,\boldsymbol{a}=VI^*=\iiint_V \sigma|\boldsymbol{E}|^2\,dV+j\,\omega\iiint_V (\mu|\boldsymbol{H}|^2-\epsilon|\boldsymbol{E}|^2)\,dV \qquad (16)$$

El voltaje y la corriente en la ecuación (16) son los valores sobre la línea de transmisión en el punto donde la superficie de la ecuación (15) corta la línea en forma transversal. El teorema de Poynting se puede utilizar como base para determinar un modelo de circuito de elemento concentrado de las condiciones existentes en el punto sobre la línea de transmisión en el cual V e I se definen.

$$VI^*=|V|^2Y^*=\iiint_V \sigma|\boldsymbol{E}|^2\,dV+j\,\omega\iiint_V (\mu|\boldsymbol{H}|^2-\epsilon|\boldsymbol{E}|^2)\,dV \qquad (17)$$

$$Y^*=G-jB=\frac{\iiint_V \sigma|\boldsymbol{E}|^2\,dV+j\,\omega\iiint_V (\mu|\boldsymbol{H}|^2-\epsilon|\boldsymbol{E}|^2)\,dV}{|V|^2} \qquad (18)$$

La equivalencia se resume en la figura 9.



$$\frac{\iiint_V \sigma|\boldsymbol{E}|^2\,dV+j\,\omega\iiint_V (\mu|\boldsymbol{H}|^2-\epsilon|\boldsymbol{E}|^2)\,dV}{|V|^2}<=>G+j\left(\frac{1}{j\,\omega\,L}-\omega\,C\right)=Y_{in}^*$$

Figura 9.
Modelo del circuito equivalente de una cavidad tipo elemento concentrado.

El modelo de elemento de circuito concentrado se puede describir en términos de la frecuencia de resonancia y el factor de calidad Q_0, los cuales se definen como

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$Q_0 = \frac{\omega_0 C}{G}$$

La admitancia de entrada se puede escribir como

$$Y_{in} = G\left(1 + j\frac{\omega C}{G}\left[1 - \left(\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2\right]\right) = G\left[1 + jQ_0\left(\frac{\omega^2 - \omega_0^2}{\omega_0 \omega}\right)\right]$$