

Estudio de la Impedancia en la Apertura de Guías Abiertas Sintetizadas en Substrato Microstrip (SIW)

Nuria Esparza, Pablo Alcón, Luis Fernando Herrán, Fernando Las-Heras

Dpto. de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, de Computadores y Sistemas
Universidad de Oviedo
Email: nesparza@tsc.uniovi.es

Índice

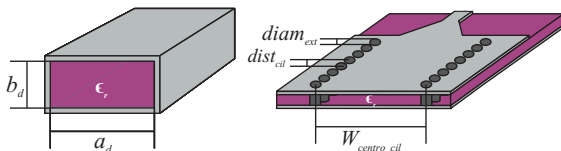
- 1 Introducción
- 2 Consideraciones previas
- 3 Estudio de partida
- 4 Estudio prototipo
- 5 Conclusiones

Introducción

Tecnología SIW...

- Guías abiertas con mayor resolución y selectividad en frecuencia que las guías rectangulares metálicas al concentrar la energía en una menor región del espacio
 - **Deben presentar máxima transferencia de potencia en su apertura para ser más eficientes**
- Para facilitar el proceso de adaptación de guías SIW abiertas para máxima transferencia de potencia...
 - Caracterizar su $Z_{apertura}$ en base a sus relaciones de dependencia con los parámetros de definición de la guía

Equivalencia SIW y guía rectangular metálica




Para que ambas guías presenten **características de propagación idénticas en el modo fundamental**, se debe cumplir...

$$a_d = \sqrt{\epsilon_r} \cdot \left(W_{centro_cil} - \frac{diam_{ext}^2}{0,95 \cdot dist_{cil}} \right)$$

o ecuaciones más complejas recogidas en ¹ y ².

Guías SIW se podrán analizar como guías rectangulares metálicas con anchura efectiva a_d y constante dieléctrica la de la guía SIW

¹ M. Salehi et al., "A closed-form formula for dispersion characteristics of fundamental SIW mode"

² F.Xu et al., "Guided-wave and leakage characteristics of substrate-integrated waveguide" 

Modelo empleado

Dada la equivalencia entre guía SIW y guía rectangular metálica, se ha utilizado como **modelo** de estudio...

- **Guía** de onda rectangular **metálica** abierta diseñada en CST
 - Coste computacional muy inferior a guía SIW

Estudio de partida I

En la bibliografía...

- Aproximaciones sobre coeficiente de reflexión de la apertura³,⁴
 - Evaluados en guías rectangulares estándar rellenas de aire

$$\rho_{\text{apertura}} = |\rho_{\text{apertura}}| e^{j\angle\rho_{\text{apertura}}} \mapsto \begin{cases} |\rho_{\text{apertura}}| = \frac{-y_q + \sqrt{y_q^2 - x_q z_q}}{x_q} \\ \angle\rho_{\text{apertura}} = \cos^{-1} \left\{ \frac{-T_2 + \sqrt{T_2^2 - 4 T_1 T_3}}{2 T_1} \right\} \end{cases}$$

¿Válidas para calcular Z_{apertura} en guías con k^5 y ϵ_r distintas a las estándar?

- Comparación de $|\rho_{\text{apertura}}|$ con el de la estructura simulada en CST de guía

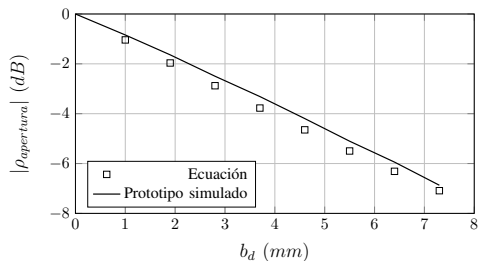
³K.Selvan, "Studies on the classical gain approximations and the aperture-reflection coefficient of rectangular waveguide antennas"

⁴K.Selvan, "Approximate formula for the phase of the aperture-reflection coefficient of open-ended rectangular waveguide"

⁵Relación de aspecto: cociente entre anchura y altura de la apertura de la guía

Estudio de partida II

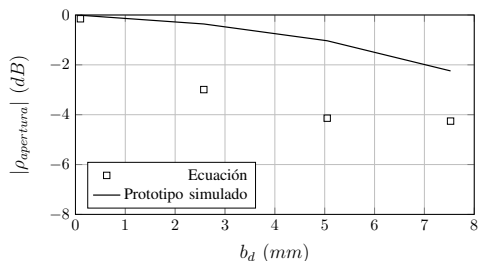
- Primer análisis: dimensiones guía rectangular estándar y $\epsilon_r = 1$



- **Coherencia de resultados entre ecuación y simulación**

Estudio de partida III

- Siguiente análisis: variación de relación de aspecto y dieléctrico interior



- **No hay concordancia entre ecuación y simulación**
 - **LIMITACIÓN** ecuaciones: dim. estándar y dieléctrico aire

Búsqueda de métodos alternativos...

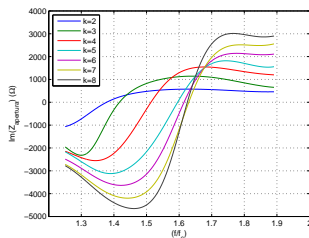
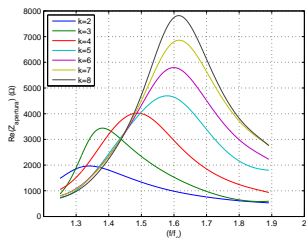
Estudio de prototipo simulado

Estudio de $Z_{apertura}$...

- A partir de la estructura de guía rectangular simulada en CST variando...
 - Relación de aspecto apertura
 - Rango de frecuencia de funcionamiento guía
 - Variación de la constante dieléctrica guía

Variación de la relación de aspecto

Caso: $\epsilon_r = 3$, $f_c = 6.56 \text{ GHz}$



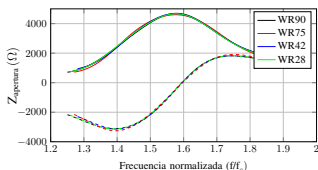
REPERCUSIÓN con relaciones de aspecto más extremas:

- Mayor resolución guía
- Mayor desfase entre el $Z_{aperturas}$ y $Z_{TE_{10}}$ guía
- Disminución BW de funcionamiento⁶

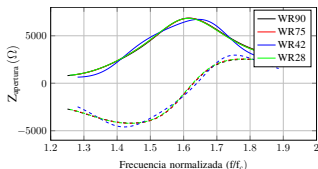
⁶ valores de frecuencia para los que la impedancia de la apertura está próxima a los valores de la guía estándar rellena de aire de la guía estándar correspondiente

Rango de frecuencia de funcionamiento

Caso 1: 4 guías estándar con su f_c correspondiente, $\varepsilon_r = 3$, $k = 5$



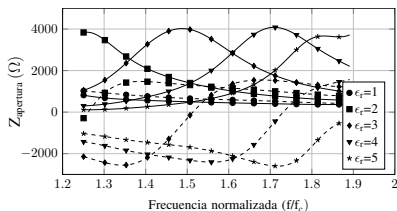
Caso 2: 4 guías estándar con su f_c correspondiente, $\varepsilon_r = 3$, $k = 7$



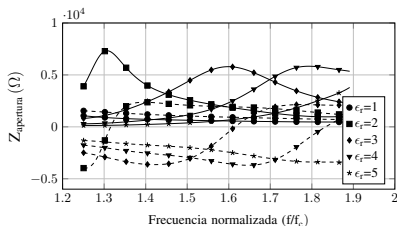
- $Z_{aperturas}$ es dependiente únicamente de la frecuencia normalizada de la guía

Variación de la constante dieléctrica

Caso 1: guía cuyo rango de funcionamiento es el de la WR-90, $k = 4$

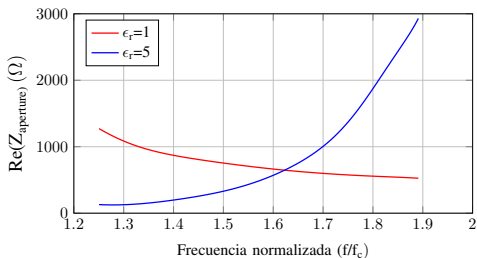


Caso 2: guía cuyo rango de funcionamiento es el de la WR-90, $k = 6$



Valores extremos de la constante dieléctrica

- Al aumentar/disminuir considerable la constante dieléctrica...
 - Frecuencia de resonancia fuera de la banda útil de operación:
sondas de ancho de banda próximo al de las guías estándar



Tendencia curvas anteriores: susceptancia I

Curvas $Im(Z_{apertura})$ comportamiento similar a circuito resonante paralelo RLC

- Modelado circuital de L y C
 - Recta de ajuste de susceptancia guía SIW/metálica:

$$Im\left(\frac{1}{Z_{apertura\ SIW}}\right) = \frac{1}{wA} - wB \quad (1)$$

- Ec. que modela la susceptancia cto resonante paralelo RLC:

$$Im\left(\frac{1}{Z_{apertura\ RLC}}\right) = wC - \frac{1}{wL} \quad (2)$$

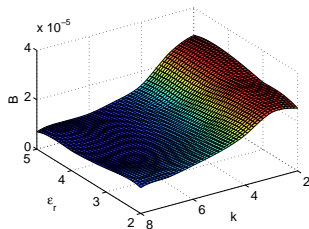
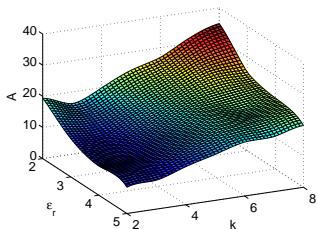
- Igualamos (1) con (2) para extraer L y C...

Tendencia curvas anteriores: susceptancia II

OBTENCIÓN: Inductancia y capacitancia variables

$$C = \frac{1}{w^2 A(k, \epsilon_r)}, L = \frac{1}{w^2 B(k, \epsilon_r)} \quad (3)$$

- Valor disminuye con el cuadrado de la frecuencia
- Términos A y B expresados mediante curvas normalizadas y universales
 - Muestran su dependencia con la relación de aspecto y constante dieléctrica



Tendencia curvas anteriores: resistencia I

$Re(Z_{apertura})$:

COMPORTAMIENTO: Resistencia variable

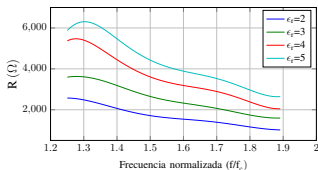
- Con frecuencia, relación de aspecto y dieléctrico interior

$$R(w, k, e_r) \tag{4}$$

- Variaciones muy pequeñas ajustables por polinomio orden 6
 - No se consiguen curvas universales

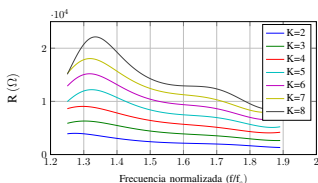
Tendencia curvas anteriores: resistencia II

Caso: $k = 2$, $f_c = 6.56 \text{ GHz}$



- Aumentar la constante dieléctrica: incrementa del valor de la resistencia

Caso: $e_r = 5$, $f_c = 6.56 \text{ GHz}$

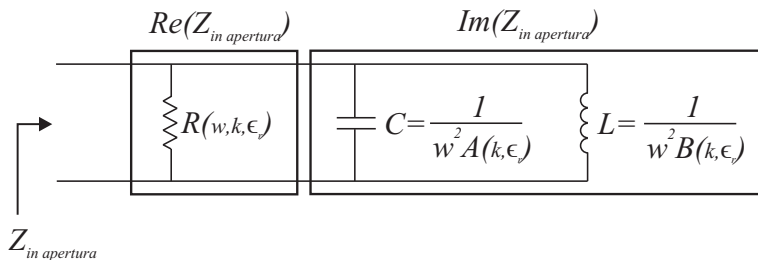


- Con relaciones de aspecto más extremas, R aumenta
 - Crece la diferencia entre Z_{apertura} y $Z_{TE_{10}}$

Esquema circuital guía rectangular

- Esquema circuital de Z_{apertura} para...
 - guías rectangulares abiertas metálicas
 - guías en sustrato microstrip

... en función de los parámetros de diseño



Conclusiones

- Presentación de estudio de relaciones de dependencia entre parámetros de diseño de guía rectangular abierta y su $Z_{apertura}$
 - Válido para guías metálicas y en sustrato microstrip
- Obtención de modelo de susceptancia basado en curvas normalizadas y universales
 - Dependientes de k y ϵ_r
- Estudio del comportamiento de la resistencia
 - Variaciones pequeñas con f , k y ϵ_r
- **OBJETIVO: Facilitar el ajuste de parámetros de diseño para adaptar $Z_{apertura}$ y tratar de conseguir máxima transferencia de potencia**