

ANTENAS

SISTEMA DE ADAPTACIÓN GAMMA

Adaptación de Impedancias en Antenas

Las antenas tipo dipolo; Dipolo Corto, Dipolo de media onda, Dipolo de cuarto de onda y otros. Presentan una impedancia en el punto de excitación por lo general compleja, y sus valores no coinciden con la impedancia característica de las líneas de alimentación que las excitan. Para obtener máxima transferencia de energía y a su vez evitar la presencia de ondas estacionarias, es necesario contar con métodos de adaptación. Uno de estos métodos es la **Adaptación Gamma**.

El sistema Gamma permite adaptar impedancias de antenas tipo dipolo a líneas **coaxiales** (desbalanceadas) Una de las ventajas adicionales que presenta es que el centro del dipolo puede ir a masa, y si la antena es una Yagui, todos los elementos: directores, reflectores y elemento excitado pueden ir colocados a masa en el barral central de montaje. En la fig. 1 se muestra el conjunto de elementos que componen la adaptación Gamma.

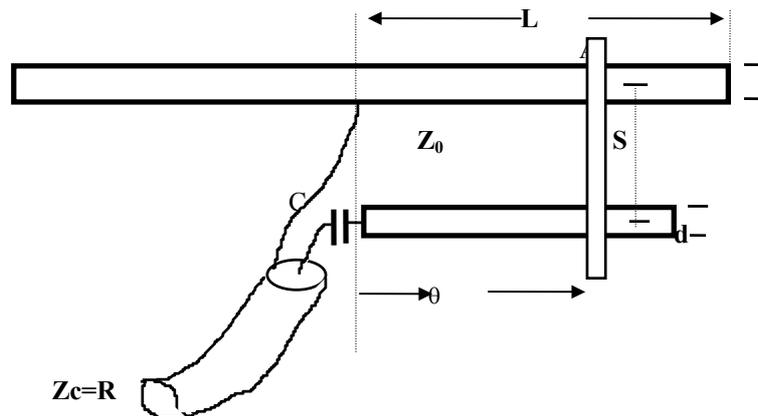


Fig.1

El método será desarrollado para un dipolo de $\lambda/2$, sin acoplamientos con otras antenas ni elementos parásitos, esto a fin de simplificar el análisis. Mas adelante se indicará lo que hay que reajustar en el cálculo cuando el dipolo forma parte de un arreglo.

Pasos de Diseño.-

Como la adaptación se realiza en una mitad del dipolo. Se toma para el cálculo al dipolo como si fuera un monopolo de $\lambda/4$.con una impedancia en su base de:

$$Z_1 = 33 + j 22 \quad (1) \quad \text{Ver fig. 2}$$

La impedancia de la expresión (1) es la que corresponde a un monopolo exacto de $\lambda/4$,en el espacio, libre de acoplamientos.

Para realizar la adaptación es necesario cortar el dipolo una cantidad Δl , tal que la impedancia Z_1 se haga capacitiva¹ ver fig. 2 así:

$$L = \lambda/4 - \Delta l \quad \text{Si } L = .2\lambda \text{ es:}$$

$$Z_1 = 20 - j20 \quad (2)$$

El valor de Z_1 debe ser verificado al final del cálculo, y por pruebas y ajustes se obtiene el valor definitivo de L .

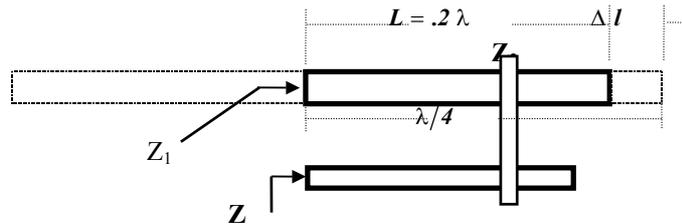


Fig. 2

En la fig. 1 se ve que el punto **A** a calcular, esta a una longitud eléctrica θ desde el centro del dipolo. La impedancia en ese punto es:²

$$Z_2 = \frac{Z_1 \cdot N}{\cos^2(\theta)} \quad (3)$$

N Es el factor de multiplicación que corresponde a un dipolo plegado². Este depende de los diámetros de los caños D , d y de la separación S entre ellos (Ver fig. 1). Cuando ambos caños son del mismo diámetro $D = d$ es $N = 4$.

En la fig. 1 se ve que los dos caños de diámetro D y d forman una línea con impedancia característica Z_0 . Por teoría de líneas de transmisión su valor es:

$$Z_0 = 276 \cdot \log \frac{2 \cdot S}{\sqrt{D \cdot d}} \quad (4)$$

La línea de impedancia característica Z_0 , al estar en corto circuito en el punto **A**, provoca en el punto de excitación un valor reactivo:

$$X = j Z_0 \tan(\theta) \quad (5)$$

La impedancia “ Z_2 ” trasladada por la impedancia característica “ Z_0 ” hacia el centro del dipolo da un valor “ Z ”. Su valor es:

$$Z = \frac{Z_0 \cdot (Z_2 + j Z_0 \tan(\theta))}{Z_0 + j Z_2 \tan(\theta)} \quad \text{La admitancia correspondiente es: } Y = 1/Z \quad (6)$$

A este valor de admitancia se le suma el valor de la susceptancia : $b = 1/X$ luego es:

$$Y_1 = Y + b$$

Al invertir Y_1 se obtiene la impedancia del punto de excitación “ Z_T ”. Luego:

¹ Ver Krauss Antennas
² Ver apuntes de clase

$$Z_T = 1 / Y_1 = R + j X_i$$

Esta impedancia terminal Z_T debe contener un valor real igual a la impedancia de la línea de excitación y un valor reactivo inductivo tal que con la capacidad en serie (Ver fig. 1) , ésta compense los valores reactivos finales. Así:

$$Z_T = R + j X_i - j X_c \quad (7)$$

En donde $R = Z_c$ (Impedancia característica de la línea de excitación)

Pasos de Cálculo

- a)- Se normalizan a Z_0 de la expresión (4), todos los valores a calcular.
- b).- Se estima un valor θ de longitud de derivación (Ver fig. 1) y según el diámetro de los caños se obtiene un valor de N .

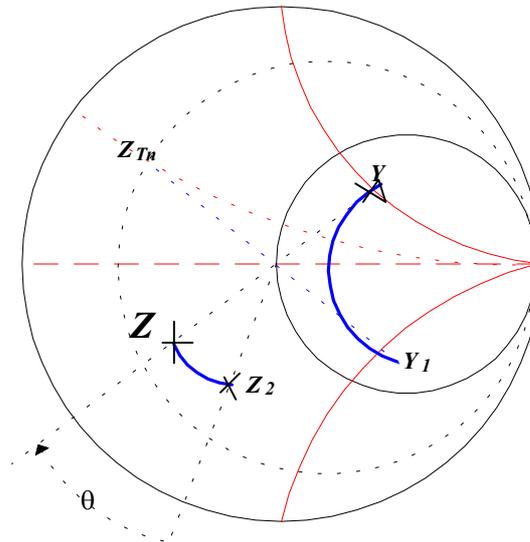


Fig 4

- c).- En el diagrama de Smith se marca Z_2 (Ver fig.4). Se recorre hacia el generador una longitud θ y se obtiene Z . Como es conveniente trabajar con admitancias, en el mismo diagrama se invierte para obtener Y . Y a ésta se suma la suceptancia:

$$b = \frac{I}{X} = \frac{I}{j Z_0 \tan(\theta)}$$

Se obtiene así un valor $Y_1 = Y + b$

Al invertir para convertir en impedancia, se debe caer en un punto tal que :

$$Z_{tn} = R_n + j X_n \quad \text{Al desnormalizar}$$

$$Z_{tn} \cdot Z_0 = R_n \cdot Z_0 + j X_n \cdot Z_0 \quad \text{debe ser} \quad R_n \cdot Z_0 = Z_c \quad \text{y del valor :}$$

$$X_n \cdot Z_0 = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad \text{Se obtiene:}$$

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_n \cdot Z_0} \quad (8)$$

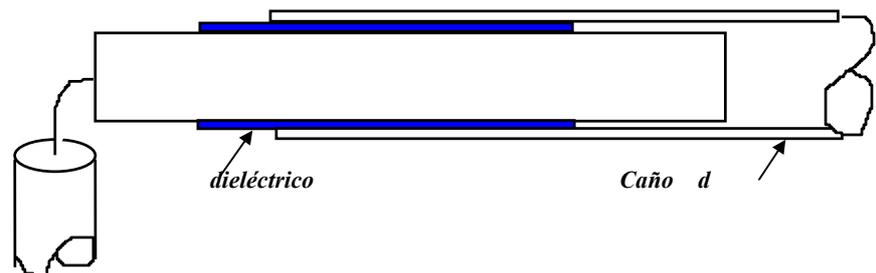
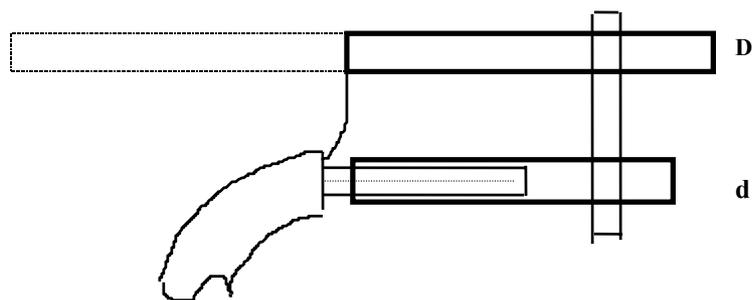
Es posible que sea necesario hacer varios intentos de cálculo según sean los caños usados y las impedancias a adaptar. Sin embargo después de un primer intento, las soluciones convergen rápidamente con la ayuda del diagrama de Smith.

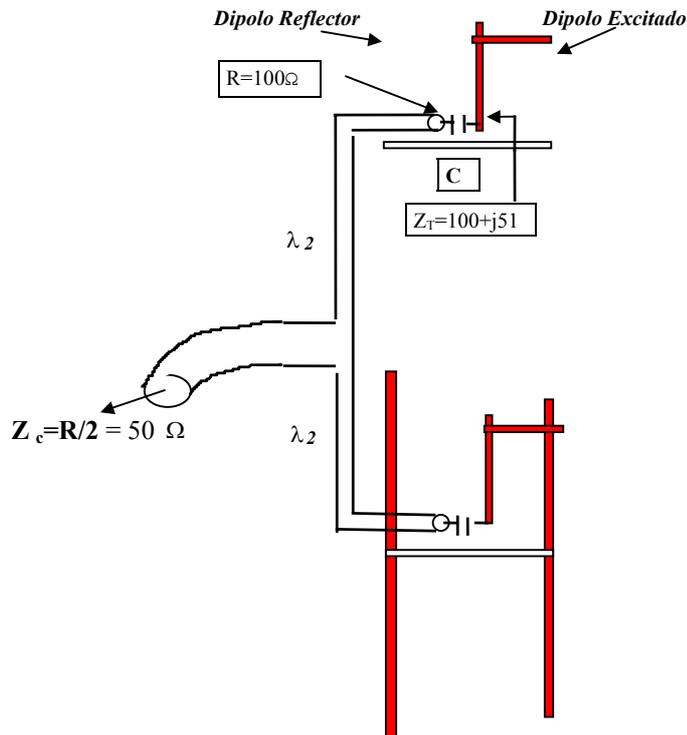
Capacidad C.-

La capacidad C se la puede obtener mediante alguno de los dos métodos propuestos.

- a).- Usando el dieléctrico de la línea de excitación y el caño de diámetro d .
- b).- Por construcción de un capacitor cilíndrico.

En las figuras 5 y 6 se muestran ambos casos.





Arreglo de dos Antenas dipolo reflector. Adaptadas con sistema Gamma

Fig. 7

Ejemplo.-

Se muestra a continuación el cálculo realizado para la construcción y adaptación de una antena para Transmisión de Radio FM, en la frecuencia de 100 Mhz.

En la figura 7 se muestra en forma esquemática sus partes y la adaptación Gamma.

La impedancia de cada dipolo debe ser de $100 + j0$ ohms. Con dos líneas de $\lambda/2$ se hace el paralelo para obtener los 50 ohms deseados de salida. La parte reactiva es compensada con un condensador variable construido en el mismo caño de la derivación gamma.

El cálculo que se muestra es realizado analíticamente y con la ayuda del diagrama de Smith.

$$f := 100 \cdot 10^6 \quad \lambda := \frac{3 \cdot 10^8}{f} \quad l := .10209 \lambda \quad \text{Longitud } l \text{ desde el centro del dipolo al punto A:}$$

$$l = 0.306$$

$$l = 0,306 \text{ metro} \quad \theta_r := 2 \cdot \pi \cdot \frac{l}{\lambda} \quad \theta_r = 0.641$$

$$\text{Angulo que corresponde a la longitud } l : \theta_r = \beta l = 2 \pi l / \lambda : \theta_r = 0,641 \text{ radian}$$

$$N := 7$$

N es el factor de multiplicación por similitud al dipolo plegado en la zona gamma

Se corta el dipolo aproximadamente un 5% mas corto. Por ser menor que $\lambda / 4$ y por proximidad del reflector, la impedancia del monopolo equivalente es: $Z1 = 18 - j 10$ ohms

$$Z1 := 18 - 10j$$

La impedancia característica $Z0$ de la línea formada por los caños de la zona gamma es: $Z0 = 140$ ohms

$$Z0 := 140 \quad Z2 := N \cdot \frac{Z1}{\cos(\theta_r)^2} \quad Z2 = 196.272 - 109.04j$$

Se normalizan todos los valores a $Z0$ $Z2n := \frac{Z2}{Z0}$ $Z2n = 1.402 - 0.779j$

El valor de $Z2n$ trasladado hacia el generador una longitud "l" es: $Z := \frac{Z2n + j \cdot \tan(\theta_r)}{1 + j \cdot Z2n \cdot \tan(\theta_r)}$

$$Z = 0.607 - 0.422j$$

La línea $Z0$ por estar en cortocircuito en el punto "A" produce en el centro del dipolo un valor reactivo normalizado:

$$x := j \cdot \tan(\theta_r) \quad x = 0.747j \quad \text{Su equivalente en susceptancia es: } b := \frac{1}{x} \quad b = -1.339j$$

$$Y := \frac{1}{Z} \quad Y = 1.111 + 0.772j \quad \text{A esta admitancia se suma el valor de "b"} \quad YI := Y + b \quad YI = 1.111 - 0.567j$$

Al invertir YI se obtiene la Impedancia del punto de excitación Zt . Luego es: $Zt := \frac{1}{YI}$ $Zt = 0.714 + 0.365j$

Se desnormaliza este valor multiplicando por $Z0$ $Zt := Zt \cdot Z0$ $Zt = 100.009 + 51.048j$

" Zt " tiene una parte real de aproximadamente 100 ohms que es el valor buscado. La parte imaginaria inductiva es compensada con el condensador "C"

$$C := \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot 51.048} \quad C = 3.118 \cdot 10^{-11}$$

Este capacitor de 31 picofaradios se logra introduciendo un caño con un dieléctrico, en el caño de la adaptación gamma. Ver fig 6

Conclusiones.-

Muchas emisoras de FM utilizan antenas dipolos simples, o arreglos de antenas con adaptación gamma. La construcción a veces es empírica o mediante copia en escala. Con el método visto mas arriba se puede llegar a un diseño rápido confiable y con pocos elementos de ajuste final.

ANTENAS

Sistema de Adaptación Gamma

Apuntes de clase de:

Electromagnetismo II (Antenas)

Año: 1996

San. Miguel de Tucumán, 5 de noviembre de 1996.

Sr. Presidente de la
Asociación Cooperadora

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología

U.N.T.

Ing. Armando Agüero

De mi consideración:

Me dirijo a Ud a fin de solicitarle la publicación del apunte que adjunto. Titulado: **Adaptación Gamma**, que serán utilizados por los alumnos de la materia Electromagnetismo II (Antenas).

La cantidad estimada es de cincuenta a cien ejemplares.

Sin otro particular saludo a Ud. Muy atte

Ing. Néstor E. Arias
Profesor Titular de:
Electromagnetismo I y II (Antenas)