

SIMULACION NO LINEAL DE TRANSISTORES MESFET

I. Corbella, J.M. Legido, G. Naval
E.T.S.I. de Telecomunicación Barcelona U.P.C.
Dpto Teoría de Señal y Comunicaciones. Grupo A.M.R.
Apartado 30.002 08080 Barcelona
Tel. (93) 4017228

ABSTRACT

To design microwave transistor oscillators or power amplifiers a good non-linear characterization of the transistor is needed. This characterization can be obtained by measuring it on large signal operation in a load-pull setup. This is a very time consuming method and difficult to implement, especially at millimeter wave frequencies, where good test fixtures are difficult to build. This paper describes a method to determine a non-linear model of MESFET transistors, based on experimental results. Using this non-linear model and by means of numerical methods, based on the harmonic balance method, large signal measurements can be simulated, thus allowing to easily obtain valuable design data.

INTRODUCCION

Uno de los elementos básicos que se encuentran en los subsistemas de microondas es el transistor MESFET, que es un dispositivo no lineal. Es obvio que antes de usar un método numérico para simular las características de dichos transistores (curva de potencia, punto de 1dB de compresión,...) necesitamos alguna herramienta que nos permita predecir las características no lineales de los MESFETs. Como continuación de lo expuesto en [6], se realizó el cálculo de los valores de los componentes del modelo, figura 1, tanto los extrínsecos como los intrínsecos, a partir de medidas realizadas en pequeña señal. Una vez bien definido el modelo, se realizó un programa basado en el método de balance armónico con el objeto de simular el comportamiento del transistor en gran señal. Se obtuvieron datos de gran valor para el diseño de dispositivos de potencia basados en transistores MESFET.

Tomando como base los valores del modelo obtenidos anteriormente, se sometió al circuito equivalente a un proceso de optimización, dejando los elementos intrínsecos fijos y los extrínsecos variables. De este modo, se obtuvo la variación de los elementos intrínsecos con el punto de polarización. A partir de aquí, el cálculo de las funciones de carga y corriente es inmediato, a partir de las ecuaciones integrales descritas en [3].

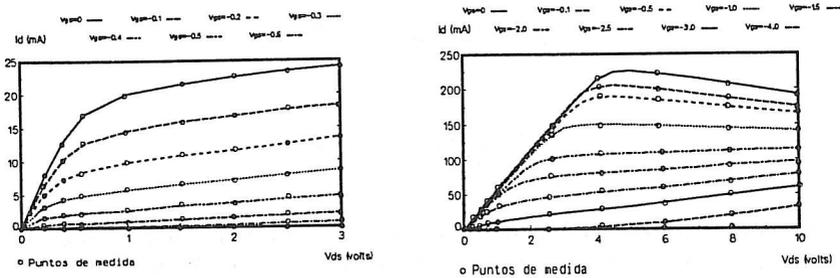


Figura 2: Gráficas $I_d(v_{gs}, v_{ds})$ de los transistores FSX02X y JS8864 respectivamente.

Para comprobar la validez de dichas funciones se procedió a analizar el circuito de la Fig.1 bajo condiciones de pequeña señal mediante un algoritmo no lineal basado en el método de balance armónico. Los resultados que se obtuvieron tras la simulación se representan en la Fig.3. Como puede comprobarse, los parámetros S simulados coinciden plenamente con los parámetros S medidos.

SIMULACION EN GRAN SEÑAL

Una vez obtenido el modelo y comprobada su validez, se pasó a realizar la simulación de su comportamiento en gran señal.

Para ello, se realizó un programa ,de carácter general, para el análisis y diseño de circuitos no lineales de microondas. Este programa, basado en el método de balance armónico, a partir de una descomposición del circuito en subredes lineales y no lineales analiza cada una de éstas por separado, las lineales en el dominio de la frecuencia y las no lineales en el dominio temporal. De esta forma, el problema se reduce a minimizar el error de las tensiones y corrientes entre unos y otros cuádrupolos, para ello se descompone cada una de las variables de interés en sus armónicos y se resuelve el sistema de ecuaciones no lineales resultante. Este sistema se resolvió mediante un método de continuidad consistente en, a partir de una solución particular del sistema ir variando paso a paso las condiciones de entrada hasta llegar a la solución que se busca, de esta forma se consiguió tener siempre sistema bien condicionado. Para conseguir una eficiente velocidad de cálculo era necesaria una buena estimación de los jacobianos de cada una de las ecuaciones de las subredes no lineales. Para su cálculo, se consideraron las matrices de ecuaciones que relacionan las tensiones y corrientes de entrada de cada subred no lineal con las variables de estado $x(t)$.

$$v(t) = \Phi \left[x(t), \frac{dx}{dt}, \dots, d^n \frac{x}{dt^n} \right]$$

$$i(t) = \Psi \left[x(t), \frac{dx}{dt}, \dots, d^n \frac{x}{dt^n} \right]$$

Así, a partir de las FFT de las derivadas de estas funciones respecto a las derivadas temporales de las variables de estado:

$$\frac{\partial \phi}{\partial y_m} = \sum_p C_{m,p} \exp(j p \omega_0 t)$$

$$\frac{\partial \Psi}{\partial y_m} = \sum_p D_{m,p} \exp(j p \omega_0 t)$$

donde $y_m = d^m x / dt^m$ y $0 < m < n$, se extrae los jacobianos de los armónicos de ϕ_k, Ψ_k , respecto del armónico s de las variables de estado mediante las fórmulas:

$$\frac{\partial \phi_k}{\partial X_s} = \sum_{m=0}^n (j s \omega_0)^m C_{m, k-s}$$

$$\frac{\partial \Psi_k}{\partial X_s} = \sum_{m=0}^n (j s \omega_0)^m D_{m, k-s}$$

como se propone en [5].

Con lo cual, se obtuvo convergencia en un máximo de 20 iteraciones por punto y con un número de armónicos dependiente del grado de no linealidad, que no pasó de 16.

En la figura 3, se representa la curva de la Ganancia de potencia en función de la potencia de entrada para el transistor FSX02X.

Los datos obtenidos coincidieron con los medidos y con los facilitados por el fabricante.

CONCLUSIONES

En esta comunicación se ha presentado un método de simulación de circuitos basados en el transistor MESFET. En primer lugar, se muestra un método para obtener un modelo no lineal de transistores MESFET a partir de medidas en pequeña señal, posteriormente se utiliza el mismo para comprobar un método de simulación de circuitos de microondas basados en dispositivos no lineales. Así pues, se desarrolla una potente herramienta para la obtención de características de transistores MESFET (contornos Load-Pull, curvas de potencia, puntos de 1dB de compresión,..) muy útiles en el diseño de dispositivos de potencia como son osciladores, mezcladores, amplificadores de potencia,...etc.

TRANSISTOR FSX02X

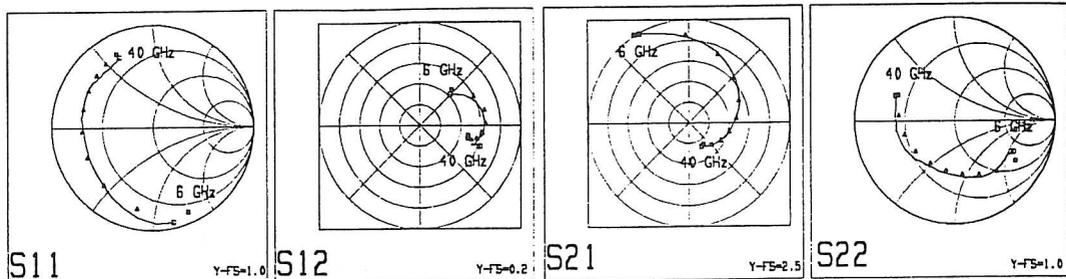


Figura 3: Parámetros S medidos y simulados para el transistor FSX02X.

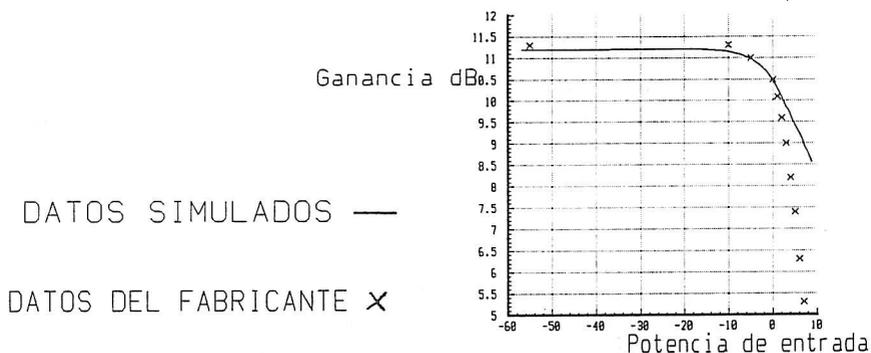


Figura 4

REFERENCIAS

- [1] J.T. Entrambasaguas, C. Camacho, "Modelo no lineal del transistor MESFET GaAs", URSI 1988.
- [2] Gilles Dambrine, Alain Cappy, Frederic Heliodore, Eduard Playeg, "A new method for determining the FET Small-signal equivalent circuit", IEEE Transactions on MTT, vol 36, July 1988.
- [3] I. Corbella, J.M. Legido, "Modelado de transistores MESFET en régimen no lineal", URSI 1989.
- [4] H. Fukui, "Determination of the basic device parameters of GaAs MESFET", Bell Syst. Tech J., pp 711-797, 1979.
- [5] V. Rizzoli et al., "User oriented software package for the analysis and optimization of nonlinear microwave circuits", Proc. Inst. Elec. Eng., vol. 133, pp 385-391, Oct. 1986.