 ISSN 1984-820X

Aplicação do Método dos Mínimos Quadrados Não-Linear na Modelagem de MESFETs para Grandes Sinais

Ícaro Sales Rezende e Paulo César Miranda Machado
Escola de Engenharia Elétrica e de Computação, UFG
74001-970, Goiânia, GO
E-mail: icarorezende@gmail.com e pcesar@eee.ufg.br

RESUMO

Um dos dispositivos semicondutores mais utilizados atualmente em aplicações analógicas e digitais é o Transistor de Efeito de Campo de Semicondutor e Metal (MESFET) de arseneto de gálio. Na modelagem desses transistores, dependendo da aplicação, podemos desenvolver modelos para pequenos sinais ou para grandes sinais. Modelos para grandes sinais têm sido desenvolvidos usando uma grande variedade de técnicas, incluindo aproximações empíricas, que simulam o dispositivo utilizando equações matemáticas cujos parâmetros foram calculados para as curvas se ajustarem aos dados medidos. As aproximações empíricas são freqüentemente usadas em aplicações práticas e fornecem modelos simples que são muito úteis em projetos.

Um dos primeiros modelos empíricos para grandes sinais para o MESFET de arseneto de gálio é o modelo de Curtice [2], dado pela eq. (1), que permite calcular a corrente elétrica em função da tensão aplicada ao dispositivo:

$$I_{ds}(V_{gs}, V_{ds}) = \beta\left(V_{gs} - V_{To}\right)^2 (1 + \lambda V_{ds}) tgh(\alpha V_{ds}) \tag{1}$$

Onde I_{ds} é a corrente de dreno, V_{gs} é a tensão na porta, V_{ds} é a tensão no dreno. β, V_{To}, λ e α são os parâmetros do modelo a serem ajustados e não têm significado físico.

A este modelo se seguiram vários outros, na tentativa de melhorar o ajuste das curvas com os dados medidos, tais como o modelo Materka-Kacprzak [4], dado pela eq. (2) e o modelo de Curtice-Ettenberg [3], dado pela eq. (3):

$$I_{ds}(V_{gs}, V_{ds}) = \beta\left(1 - \frac{V_{gs}}{V_T}\right)^2 tgh\left(\frac{\alpha V_{ds}}{V_{gs} - V_T}\right) \tag{2}$$

$$I_{ds}(V_{gs}, V_{ds}) = (A_0 + A_1 v1 + A_2 v1^2 + A_3 v1^3) tgh(\gamma V_{ds}) \tag{3}$$

Onde $V_T = V_{T0} + \gamma V_{ds}$ na eq. (2), $v1 = V_{gs}[1 + \beta(V_{ds0} - V_{ds})]$ e $v2 = V_{gs}[1 - \beta(V_{ds0} - V_{ds})]$ na eq. (3). Os parâmetros a serem ajustados na eq. (2) são β, V_{To}, γ e α e na eq. (3) são A_0, A_1, A_2, A_3, γ, β e V_{ds0}.

Este trabalho tem como objetivo estudar o método dos mínimos quadrados não-linear [5], fazendo o ajuste dos três modelos citados a um conjunto de pontos e verificar qual deles apresenta o melhor ajuste. Os dados utilizados são de um MESFET, obtidos experimentalmente por Chueiri [1]. Utilizamos o algoritmo de Levenberg-Marquardt [5], em que os parâmetros dos modelos são otimizados de maneira que a soma do quadrado dos resíduos seja mínima.

A Fig. 1 mostra os pontos obtidos experimentalmente (asteriscos) e as curvas obtidas pela aplicação dos três modelos: Curtice (linha contínua), Curtice-Ettenberg (linha tracejada) e Materka-Kacprzak (linha pontilhada). A Tabela 1 mostra os valores dos parâmetros que melhor ajustam as curvas aos valores medidos, obtidos utilizando o algoritmo de Levenberg-Marquardt.

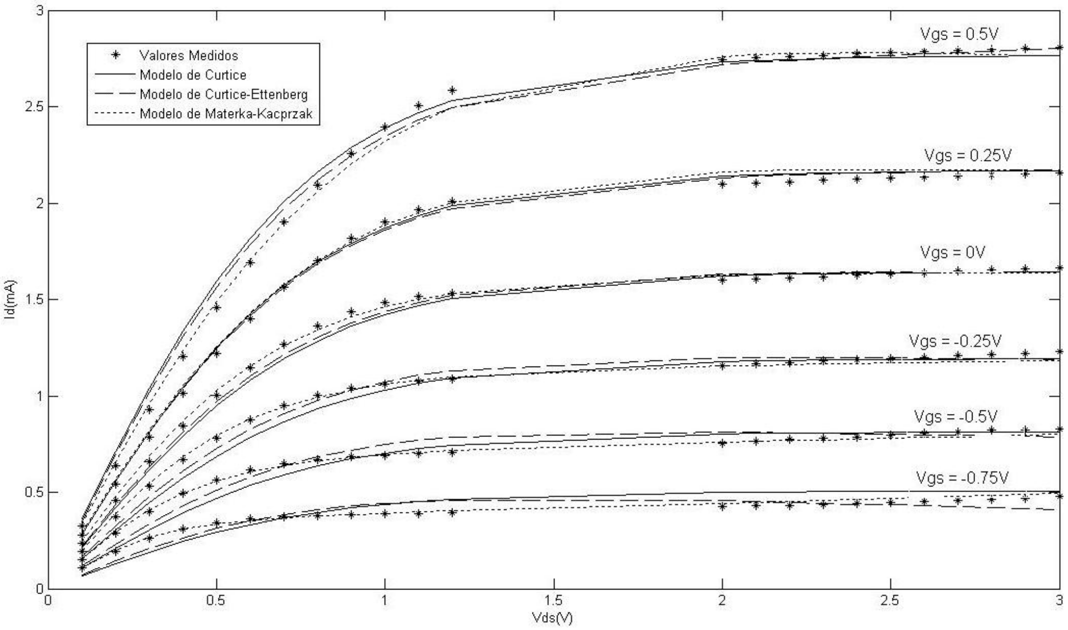

Figura 1. Modelo de Curtice (linha contínua), Curtice-Ettenberg (linha tracejada) e Materka-Kacprzak (linha pontilhada). Os valores medidos são denotados por asteriscos (*).

Tabela 1. Parâmetros obtidos.

Modelo							
Curtice	$\beta = 0{,}57$	$V_{To} = -1{,}68$	$\lambda = 0{,}0031$	$\alpha = 1{,}33$			
Curt-Ett	$A_0 = 1{,}65$	$A_1 = 1{,}90$	$A_2 = 0{,}56$	$A_3 = 0{,}22$	$\gamma = 1{,}35$	$\beta = -0{,}045$	$V_{ds0} = 2{,}35$
Materka	$\beta = 1{,}64$	$V_{To} = -1{,}38$	$\gamma = -0{,}094$	$\alpha = 2{,}09$			

O algoritmo de Levenberg-Marquardt se mostrou robusto, convergindo para a solução para os três modelos, Curtice, Curtice-Ettenberg e Materka-Kacprzak, apresentando a soma do quadrado dos resíduos finais iguais a 0,34, 0,21 e 0,09, respectivamente. O modelo de Curtice-Ettenberg utiliza sete parâmetros e apresentou um melhor ajuste da curva em relação ao modelo original de Curtice, com quatro parâmetros. Dos três modelos aplicados, o modelo de Materka-Kacprzak, com quatro parâmetros, foi o que apresentou melhor ajuste aos valores medidos, pois foi o que apresentou a menor soma do quadrado dos resíduos final.

Palavras-chave*: Ajuste de Curvas, Dispositivos Semicondutores, Modelos Empíricos*

Referências

[1] I. J. Chueiri, “Uma Contribuição ao projeto de CI’s com MESFET em GaAs”, Dissertação de Mestrado, FEE-UNICAMP, 1992.

[2] W. R. Curtice, A MESFET Model for Use in the Design of GaAs Integrated Circuits, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 28, pp. 448-456, (1980).

[3] W. R. Curtice and M. Ettenberg, A Nonlinear GaAs FET Model for Use in the Design of Output Circuits for Power Amplifiers, IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 33, pp. 1383-1394, (1985).

[4] T. Kacprzak and A. Materka, Compact dc Model of GaAs FET’s for Large Signal Computer Calculation, IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 18, pp. 211-213, (1983).

[5] W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling and B. P. Flannery, “Numerical Recipes in FORTRAN”, Cambridge University Press, New York, 1992.