

SIMULAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E APLICAÇÃO DE TRANSISTORES BIPOLARES DE PORTA ISOLADA

Fellipe da Silva Pedrosa and Michelly de Souza
Centro Universitário FEI
fellipe.pedrosa2809@gmail.com, michelly@fei.edu.br

Resumo: Neste trabalho são apresentados resultados de simulação SPICE da polarização DC de um transistor IGBT comercial, com o objetivo de validar a calibração de parâmetros, para simulação de um circuito elétrico. Após a validação, o transistor selecionado foi utilizado para a simulação de uma ponte H com carga resistiva, utilizada em circuitos que realizam a conversão DC-AC através do chaveamento dos IGBTs.

1. Introdução

Amplamente utilizado na Eletrônica de Potência, o Transistor Bipolar de Porta Isolada (IGBT – *Insulated Gate Bipolar Transistor*) é um dispositivo formado por três terminais: Porta, Coletor e Emissor. Tais transistores são formados basicamente através da associação de dois dispositivos, o transistor MOS de efeito de campo (MOSFET – *Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor*) e o Transistor Bipolar de Junção (BJT – *Bipolar Junction Transistor*), combinando as vantagens de cada um destes dois dispositivos em um único componente eletrônico. O símbolo do IGBT, com os terminais de Porta (G-*Gate*), Coletor (C-*Collector*) e Emissor (E-*Emitter*) é apresentado na Figura 1 [1].

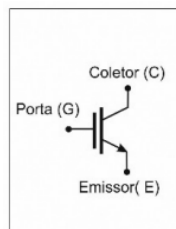


Figura 1 – Símbolo do IGBT.

Na prática, o MOSFET opera como terminal de entrada e o BJT como os terminais de saída do IGBT. Assim, tal dispositivo é ideal para aplicações de alta frequência, e é controlado por tensão, similar ao que ocorre no MOSFET. Quando em regime de condução, o IGBT apresenta menor resistência à passagem de corrente quando comparado ao MOSFET [2].

Entre as principais aplicações do IGBT na eletrônica de potência, vale ressaltar o arranjo denominado de ponte H. Este circuito é amplamente utilizado nos conversores de energia DC-AC e é formado por quatro chaves elétricas, tendo seu funcionamento dividido em duas etapas. Durante a primeira etapa, as chaves S1 e S2 conduzem simultaneamente, e então uma corrente flui pela carga resistiva da esquerda para direita. Já na segunda etapa, as chaves S3 e S4 passam a conduzir e uma corrente elétrica circula pela carga da direita para

esquerda. O circuito elétrico da ponte H, foco deste trabalho, é apresentado na Figura 2 [1].

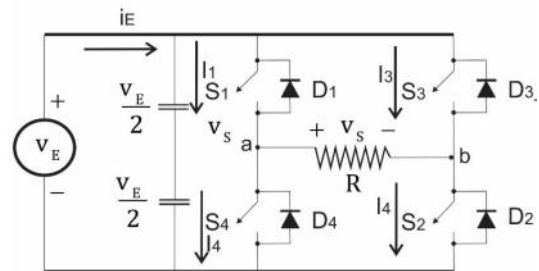


Figura 2 – Circuito da ponte H.

2. Metodologia

Foi realizada uma pesquisa a respeito de diversos IGBTs disponíveis comercialmente, buscando aqueles cujo modelo SPICE estivesse disponível. Desta forma, foi selecionado o transistor NGD8201N, da fabricante ON Semiconductor [3], devido às suas características elétricas que favorecem a operação em alta frequência e sua alta capacidade de condução de corrente. O modelo SPICE disponibilizado pelo fabricante foi utilizado inicialmente para a simulação das curvas DC do dispositivo, utilizando o software Multisim versão 14.1 desenvolvido pela National Instruments e liberado para download em 2017 [4]. Após a validação da simulação em nível de dispositivo, foi realizada a simulação da ponte H apresentada na Figura 2.

3. Resultados

Na primeira etapa, foi realizada a simulação da curva de corrente de coletor (I_C) em função da tensão entre porta e emissor (V_{GE}), com tensão de coletor fixa em 5 V. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 3 (linhas contínuas). Foram extraídos alguns pontos das curvas apresentadas no *datasheet* do componente, para comparação. Pode-se notar que a curva obtida através da simulação SPICE se ajustou de forma bastante precisa aos pontos experimentais fornecidos pelo fabricante.

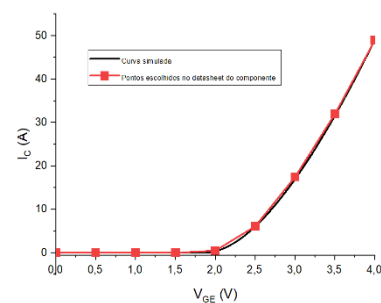


Figura 3 – Gráfico I_C vs. V_{GE} com curva simulada e pontos extraídos do *datasheet*.

Em seguida, foi simulada uma família de curvas de corrente de coletor (I_C) em função da tensão entre coletor e emissor, com tensão de porta variando entre 2,5 a 4 V, com passos de 0,5 V. A Figura 4 apresenta as curvas de corrente de coletor I_C vs V_{CE} , para V_{CE} variando entre 0 e 8 V, e com tensão de porta entre 2,5 e 4V. Alguns pontos foram extraídos da curva experimental disponibilizada no *datasheet* do componente com o objetivo de realizar a comparação com as curvas simuladas no Multisim. Analisando as curvas simuladas e os pontos extraídos no *datasheet*, verifica-se que a curva se ajusta de forma bastante coerente aos dados experimentais disponibilizadas, não sendo necessário alterar nenhum parâmetro elétrico do componente selecionado.

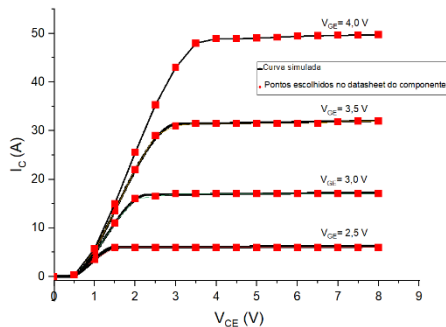


Figura 4 – Gráfico I_C vs. V_{CE} com curva simulada e pontos extraídos do datasheet.

Após a validação do modelo SPICE do IGBT NGD8201N, foi simulada uma ponte H com carga resistiva. O circuito da ponte H com carga resistiva a ser simulado é apresentado na Figura 5. O controle dos IGBT's foi feito através de uma onda quadrada, com amplitude 15V, frequência de 100Hz (período de 10ms).

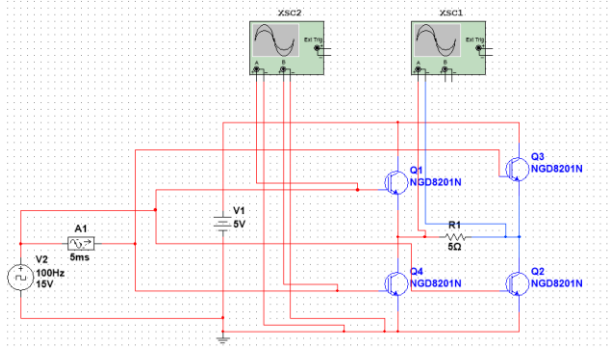


Figura 5 – Circuito da ponte H simulado no Multisim.

A fim de observar a tensão alternada na carga, é necessário aplicar um sinal de clock na porta do IGBT, responsável pelo chaveamento dos quatro transistores da ponte H, no qual os transistores Q1 e Q2 são acionados durante o ciclo inicial e os transistores Q3 e Q4 no segundo ciclo de operação do circuito de chaveamento, com atraso de 5 ms em relação ao primeiro ciclo. A Figura 6 apresenta a forma de onda de tensão alternada nas chaves, com a indicação dos transistores que conduzem simultaneamente.

A Figura 7 apresenta a curva resultante da simulação da tensão sobre do resistor em função do tempo para uma tensão DC de entrada igual a 5 V e uma carga resistiva de 5 Ω. Como desejado, a curva assume um

comportamento alternado no tempo em forma de onda quadrada e valor máximo de 3,84 V.

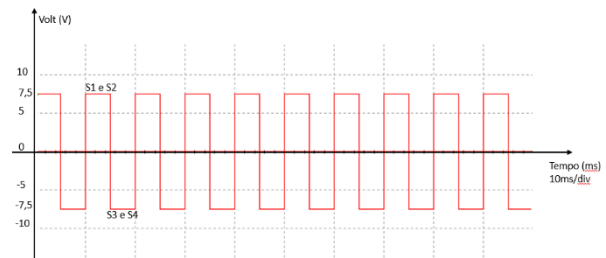


Figura 6 – Forma de onda da tensão aplicada na porta dos transistores que compõem a ponte H.

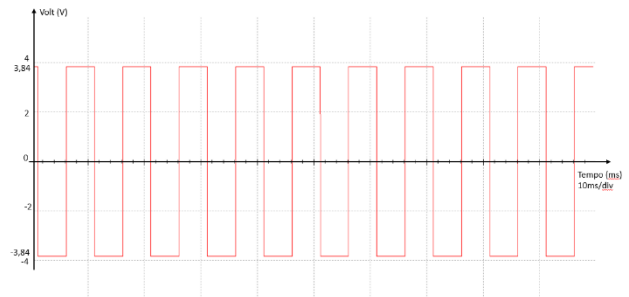


Figura 7 – Forma de onda de tensão nos terminais do resistor da ponte H.

4. Conclusões

Neste trabalho foram apresentadas simulações das características elétricas e de um circuito com transistores IGBTs modelo NGD8201N. Foram simuladas as curvas I_C vs. V_{GE} e I_C vs. V_{CE} usando o modelo SPICE disponibilizado pelo fabricante. A comparação destas curvas com pontos extraídos das curvas do *datasheet* do componente mostrou excelente concordância. Após a validação do modelo SPICE, foi simulada uma ponte H com carga resistiva, com controle dos IGBTs realizado por onda quadrada. Foi possível observar a conversão do sinal DC em AC e a forma de onda de tensão alternada nos terminais do bipolo passivo.

5. Referências

- [1] NUNES, Rafael Oliveira. Eletrônica e Circuitos de Potência. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2018.
- [2] MOHAN; UNDELAND; ROBBINS. Power Electronics: Converters, Applications and Design. 3. ed. Nova York: John Wiley, 2003.
- [3] ONSEMI. NGD8201N. Disponível em: https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/ON%20Semiconductor%20PDFs/NGD8201N_AN.pdf. Acesso em: 14 ago 2023.
- [4] MULTISIM. Disponível em: <https://www.ni.com/en/support/downloads/software-products/download.multisim.html#306441>. Acesso em: 14 ago 2023.

Agradecimentos

À instituição Fundação Educacional Inaciana "Pe. Sabóia de Medeiros" (FEI) pela concessão da bolsa.
¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 02/2023 a 12/2023.