Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Tecnologia
Engenharia da Computação

MODELAGEM CONVERSOR BOOST

Manaus - AM
2024

DARLYSSON MELO DE LIMA - 21954316
EVANDRO SALVADOR MARINHO - 22052988
HERVELYN CHRISTINNE VITAL DA SILVA - 21750599
KEVYN DO NASCIMENTO PAZ GONDIM - 22153920
MARIA SARA DA SILVA NAVARRO - 22051556

MODELAGEM CONVERSOR BOOST

Relatório apresentado como requisito para compor a nota parcial disciplina de Laboratório de Sistema de Controle referente ao semestre 2023/2, apresentado ao curso de bacharelado em Engenharia da Computação da Faculdade de Tecnologia, da Universidade Federal do Amazonas - UFAM.

Professor: Dr. Florindo Antonio de Carvalho Ayres Júnior

Manaus - AM
2024

Conteúdo

Lista de Figuras

1 Introdução

O conversor boost é um componente essencial no campo da eletrônica de potência, oferecendo uma solução eficaz para elevar a tensão de entrada para uma saída desejada. Este circuito conversor desempenha um papel fundamental em uma variedade de aplicações, destacando-se particularmente como um regulador de fator de potência. Além disso, sua popularidade é impulsionada pela simplicidade do circuito, tornando-o uma escolha preferencial em muitos projetos de engenharia elétrica.

A capacidade do conversor boost de aumentar a tensão de entrada para um nível superior é crucial em diversas aplicações, desde sistemas de energia renovável até eletrônicos portáteis. Por meio de um processo de conversão eficiente, o conversor boost contribui para otimizar o desempenho dos sistemas elétricos, garantindo um fornecimento de energia estável e confiável. Neste relatório será apresentado a modelagem e funcionamento, por meio de simulações, do conversor boost.

2 Procedimentos experimentais

2.1 MODELAGEM MATEMÁTICA

O sistema a ser modelado é apresentado na Figura 1. Esse circuito é chamado de conversor boost, um circuito que produz uma tensão de saía maoir ou igual a tensão de entrada.

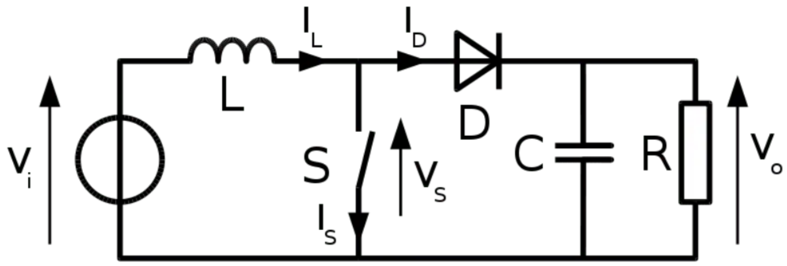

Figura 1: *Conversor boost*

Para a modelagem do sistema será considerando dois momentos: em primeiro será considerado a chave fechada e em segundo a chave aberta.

Com a chave fechada, a corrente que passa pelo diodo é nula abrindo o circuito logo é possível fazer algumas considerações como Vo=Vc, Ic + IR =0 e Vi- Vl = 0, com isso conseguimos as seguintes equações:

$$\frac{\mathrm{d}Il}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{L}Vs \tag{1}$$

$$\frac{\mathrm{d}Vc}{\mathrm{d}t} = \frac{-1}{CR}Vc \tag{2}$$

Com a chave aberta é necessário levar em consideração o *duty cycle* do sistema que aqui chamaremos D, logo consideremos meio período como (D-1), Vo=Vc, Vs-Vl-Vc=0 e Il=Ic+IR, com isso conseguimos as seguintes equações;

$$\frac{\mathrm{d}Il}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{L}[-Vc + Vs] \tag{3}$$

$$\frac{\mathrm{d}Vc}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{C}(Il - \frac{Vc}{R}) \tag{4}$$

utilizando o princípio da superposição:

$$\frac{\mathrm{d}Il}{\mathrm{d}t} = \frac{D}{L}Vs \tag{5}$$

Somando as equações 1 e 3 obtemos a função 1:

$$\frac{\mathrm{d}Il}{\mathrm{d}t} = \frac{1-D}{L}Vc + \frac{1}{L}Vs \tag{6}$$

Somando as equações 2 e 4 obtemos a função 2:

$$\frac{\mathrm{d}Vc}{\mathrm{d}t} = \frac{1-D}{C}Il - \frac{1}{RC}Vc \tag{7}$$

onde consideraremos Vo= Vc nossa função 3.

Em seguida linearizamos o sitema fazendo derivadas parciais de todas as funções do sistema

$$\frac{\partial \triangle Vc}{\partial t} = \frac{\partial F1 \triangle Vc}{\partial Vc} + \frac{\partial F1 \triangle Il}{\partial Il} + \frac{\partial F1 \triangle D}{\partial D} + \frac{\partial F1 \triangle Vs}{\partial Vs} \tag{8}$$

$$\frac{\partial \triangle Vc}{\partial t} = \frac{\partial F2 \triangle Vc}{\partial Vc} + \frac{\partial F2 \triangle Il}{\partial Il} + \frac{\partial F2 \triangle D}{\partial D} + \frac{\partial F2 \triangle Vs}{\partial Vs} \tag{9}$$

$$\frac{\partial \triangle V0}{\partial t} = \frac{\partial F3 \triangle Vc}{\partial Vc} + \frac{\partial F3 \triangle Il}{\partial Il} + \frac{\partial F3 \triangle D}{\partial D} + \frac{\partial F3 \triangle Vs}{\partial Vs} \tag{10}$$

Resolvendo:

$$\frac{\mathrm{d}\triangle Vc}{\mathrm{d}t} = -\frac{1}{RC}\triangle Vc + \frac{1-D^{\circ}}{C}\triangle Il - \frac{Il^{\circ}}{C}\triangle D \tag{11}$$

$$\frac{\mathrm{d}Il}{\mathrm{d}t} = -\frac{1-D^{\circ}}{L}\triangle Vc + 0Il + \frac{Vc^{\circ}}{L}\triangle D \tag{12}$$

Mas consideramos $\triangle Vo = \triangle Vc$
então:

$$0 = \frac{1-D^{\circ}}{L}Vc^{\circ} + \frac{1}{L}Vs \tag{13}$$

$$Vc^{\circ} = -\frac{Vs}{1-D^{\circ}} \tag{14}$$

$$0 = -\frac{1}{RC}Vc^{\circ} + \frac{(1-D^{\circ})}{C}Il^{\circ} \tag{15}$$

$$Il^{\circ} = \frac{Vs}{R(1-D^{\circ})^2} \tag{16}$$

Colocando os valores em matriz:

$$\frac{\mathrm{d}\begin{bmatrix}\triangle Vc\\ \triangle Il\end{bmatrix}}{\mathrm{d}x} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{RC} & \frac{(1-D^{\circ})}{C} \\ -\frac{(1-D^{\circ})}{L} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix}\triangle Vc\\ \triangle Il\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\frac{-Il}{L}\\ \frac{Vc^{\circ}}{L}\end{bmatrix} \triangle D \tag{17}$$

$$\triangle Vo = \begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix} \begin{bmatrix}\triangle Vc\\ \triangle Il\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}0\end{bmatrix} \triangle D \tag{18}$$

$$\triangle Vo(S) = \frac{-\frac{IL^{\circ}}{L}S + \frac{1-D^{\circ}}{LC}Vc^{\circ}}{S^2 + \frac{1}{RC}S + \frac{(1-D^{\circ})^2}{LC}} \triangle D(S) \tag{19}$$

subtituindo os coeficientes por variáveis afim de facilitar o cálculo:

$$\triangle Vo(S) = \frac{b1S + b0}{S^2 + a1S + a0} \triangle D(S) \tag{20}$$

para voltar ao formato de equação:

$$Y(S) = C[SI-A]^{-1}Xo + \left\{C[SI-A]^{-1}B + \quad D\right\} u(S) \tag{21}$$

onde o segundo termo é a função de transferência, então resolvemos a equação:

$$X(S) = [SI-A]^{-1} + [SI-A]^{-1}Bu(S) \tag{22}$$

$$S.I - A = \begin{bmatrix} S & 0 \\ 0 & S \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\frac{1}{RC} & \frac{(1-D^{\circ})}{C} \\ -\frac{(1-D^{\circ})}{L} & 0 \end{bmatrix} \tag{23}$$

$$SI - A = \begin{bmatrix} S + \frac{1}{RC} & -\frac{(1-D^{\circ})}{C} \\ \frac{(1-D^{\circ})}{L} & S \end{bmatrix} \tag{24}$$

$$[SI-A]^{-1} = \frac{1}{\triangle} \begin{bmatrix} S & \frac{(1-D^{\circ})}{C} \\ -\frac{(1-D^{\circ})}{L} & S + \frac{1}{RC} \end{bmatrix} \tag{25}$$

$$\triangle = S(S + \frac{1}{RC}) + \frac{(1 - D^\circ)^2}{LC} \tag{26}$$

$$\triangle Vo(S) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S & \frac{1-D^\circ}{C} \\ -\frac{1-D^\circ}{L} & S + \frac{1}{RC} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\frac{Il^\circ}{C} \\ -\frac{Vc^\circ}{L} \end{bmatrix} \triangle D \tag{27}$$

$$\triangle Vo(S) = \frac{1}{\triangle} \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\frac{il^\circ}{C} S & \frac{(1+D^\circ)}{L} \frac{1-D^\circ}{C} \\ il^\circ \frac{1-D^\circ}{LC} & (S + \frac{1}{RC}) \frac{Vc^\circ}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\frac{Il^\circ}{C} \\ -\frac{Vc^\circ}{L} \end{bmatrix} \triangle D \tag{28}$$

2.2 SIMULAÇÕES DO SISTEMA EM DIAGRAMAS DE BLOCOS

O diagrama em bloco do circuito simulado no Simulink é apresentado na Figura 2, sendo este simulado com o código descrito no 4.1.

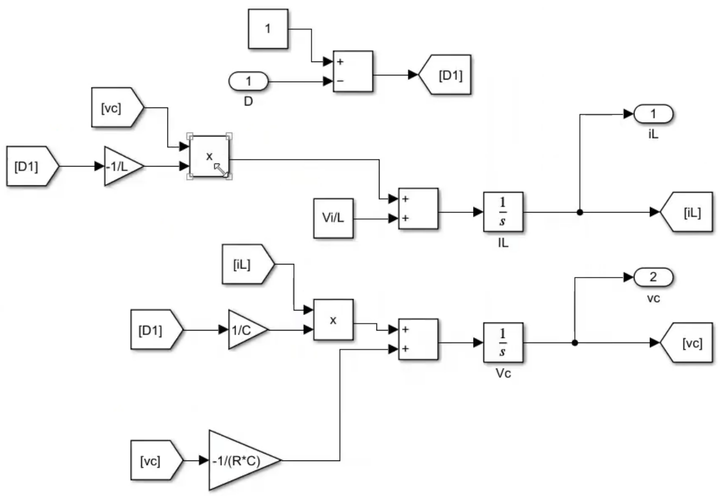

Figura 2: *diagrama em bloco*

3 Resultados e discussões

O gráfico da Figura 3 ilustra a resposta transitória de um conversor boost (elevador), representando a variação da tensão de saída ao longo do tempo. No eixo horizontal (abscissa), o tempo é expresso em segundos, enquanto no eixo vertical (ordenada), temos a tensão em volts.

Analisando o gráfico, percebemos um pico inicial seguido de uma rápida diminuição até atingir uma estabilização. Este padrão é típico de uma resposta transitória, onde o sistema leva um período para ajustar-se após uma mudança abrupta, como a aplicação de carga ou variação na entrada de tensão.

Inicialmente, a tensão aumenta rapidamente atingindo um pico de aproximadamente 35 volts, posteriormente decresce, indicando a resposta do circuito do conversor boost à mudança. Em seguida, a tensão estabiliza-se em torno de um valor constante, aproximadamente 25 volts, sugerindo que o conversor atingiu um estado estacionário.

.

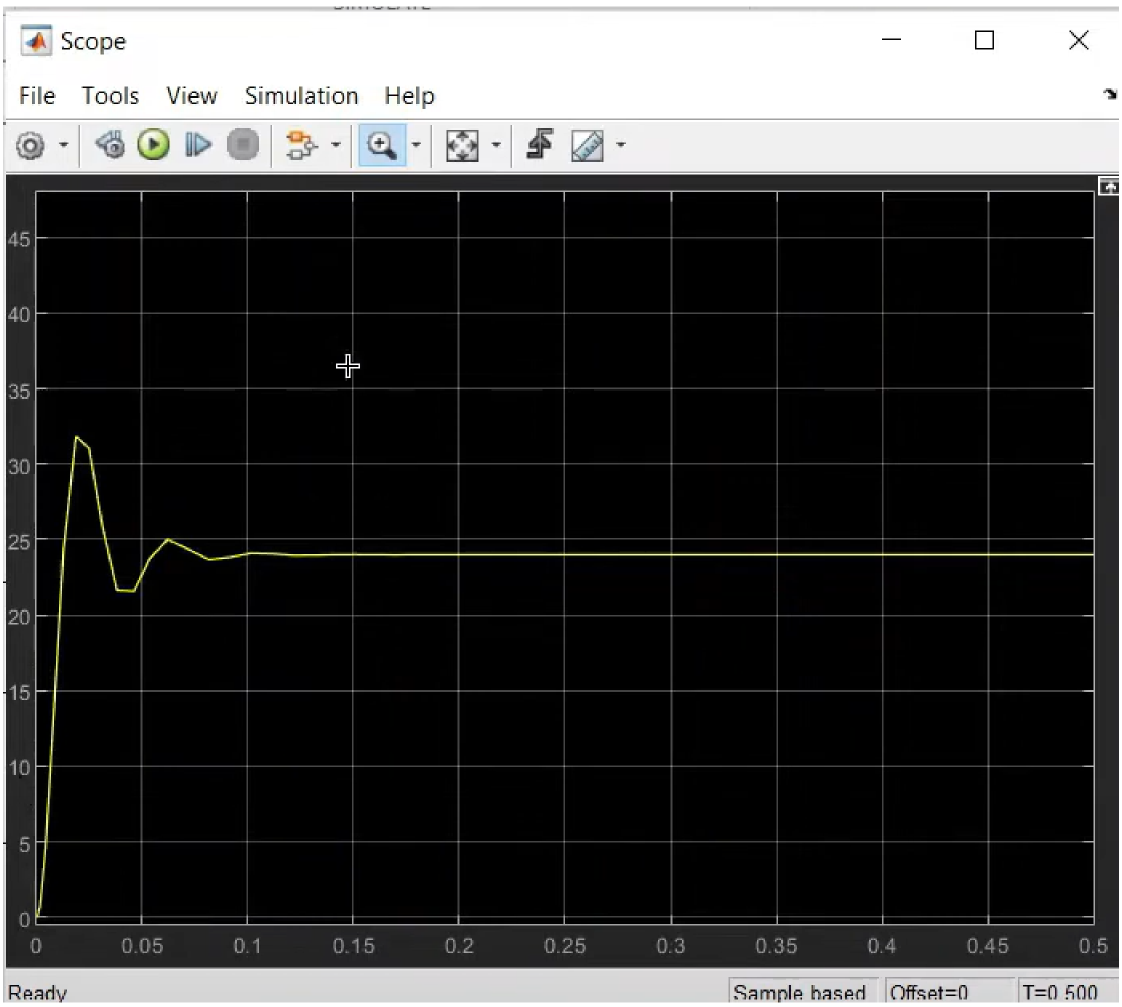

Figura 3: *Sáida do conversor boost*

4 Considerações finais

Em síntase, a compreensão do comportamento dinâmico e da eficiência de um conversor boost é crucial para elevar a tensão de entrada até o nível desejado de saída. Amplamente empregados em aplicações eletrônicas que demandam uma tensão de saída superior à disponível na entrada, como sistemas de energia renovável, veículos elétricos e dispositivos portáteis, os conversores boost idealmente proporcionam uma alta eficiência de conversão de energia, minimizando as perdas no circuito. Contudo, na prática, diversos fatores, como resistência parasita dos componentes, qualidade do acoplamento indutivo e características dos diodos e capacitores, afetam essa eficiência.

A análise da resposta transitória de um conversor, ou seja, como sua tensão de saída se adapta a mudanças na carga ou na tensão de entrada, é um aspecto crucial do projeto do sistema. O objetivo é que o transdutor alcance o estado estacionário rapidamente e sem oscilações excessivas, evitando sobrecargas nos componentes e falhas prematuras. Um gráfico típico da saída do conversor boost exibe um aumento inicial na tensão seguido por uma resposta suave em direção ao nível desejado. Esse comportamento reflete a interação entre os componentes do circuito durante o período de transição até o estado estacionário ser atingido.

O controle do ciclo de trabalho do sinal de controle do transistor é essencial para regular a tensão de saída e garantir o funcionamento adequado do conversor em diferentes condições de carga. Em suma, um conversor boost bem projetado e implementado é uma ferramenta indispensável para diversas aplicações eletrônicas, oferecendo um aumento de tensão eficiente com resposta dinâmica confiável e eficiência energética. Simulações e análises teóricas desempenham um papel fundamental no projeto e otimização desses sistemas, assegurando um desempenho preciso e confiável em suas respectivas aplicações.

4.1 CÓDIG DO MATLAB

```
     clear all; close all; clc

t_dutty = 1/(200e3);
f_dutty= 1/t_dutty;
n_ciclos=10000;
temp_simu= t_dutty*n_ciclos;
Vi=12;
R=1;
L=1e-3;
C=10e-3;


Vout=24;
Vc0=Vout;
mi0=(vc0-Vi)/Vc0;
D=mi0;
il0= Vc0/((1-mi0)*R);

x0=[Il0;Vc0];
u0=Vi;
a1=[0 0;
    0 -1/(R*C)];
A2=[0 -1/L;
    1/C -1/(R*C)];
B=[1/L;0];

A=(A1*mi0+A2*(1-mi0));
B=((A1-A2)*x0);
```