

# Projeto baseado em dados de controladores para conversor CC-CC *boost*

Autor: Rodrigo Binotto Gomes - Orientador: Prof. Dr. Alexandre Sanfelice Bazanella

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Sistemas Elétricos de Automação e Energia

rodrigo.binotto@ufrgs.br; bazanella@ufrgs.br

## Resumo

Neste trabalho é estudada a sintonia de controladores de estrutura PID para um conversor CC-CC *boost* a partir de métodos baseados em dados (em inglês, *data-driven* - DD). Foram analisados os métodos Virtual Reference Feedback Tuning (VRFT) e a sua adaptação para processos de fase não-mínima, o VRFT Flexível. Além disso, foram comparados os resultados obtidos a partir dos métodos DD com uma metodologia de projeto baseada no modelo do conversor. Os ensaios para coleta de dados e a validação dos controladores projetados foram realizados experimentalmente em um conversor *boost* real.

## Conversor CC-CC *Boost*: Principais Características

- Realiza a operação de elevação de tensão, fornecendo uma tensão de saída com valor médio mais elevado que o da entrada.
- Utilizado como regulador de tensão para dispositivos eletrônicos, processamento de energia gerada por sistemas fotovoltaicos, elevação de tensão de bancos de baterias e muitas outras aplicações.
- Em geral, é fundamental que a tensão de saída seja constante, imune às variações da carga e da tensão de entrada. Esse objetivo é atingido com controle em malha fechada (MF).

## Controle *data-driven*: Métodos VRFT e VRFT Flexível

- Não é utilizado um modelo do processo para a sintonia do controlador.
- Para o projeto é necessário:
  - (1) Definir uma estrutura de controlador;
  - (2) Definir uma função de transferência  $T_d(z)$  que expressa o comportamento desejado para o sistema;
  - (3) Coletar dados de entrada/saída no processo.
- **Método VRFT:** Necessita de apenas um conjunto de dados de entrada/saída. Conforme a Figura 1, com os sinais  $u(t)$  e  $\bar{e}(t)$  são identificados os parâmetros  $\rho$  do controlador  $C(z, \rho)$  que aproxima o comportamento do sistema ao desejado.

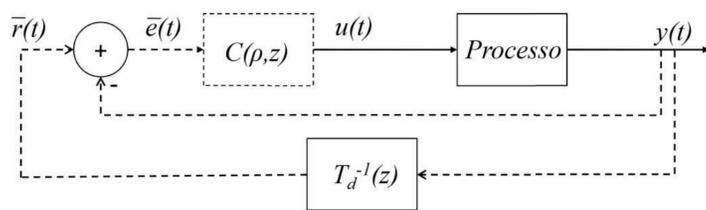


Figura 1: Diagrama de blocos do ensaio do VRFT (linha contínua - sinais reais, linha tracejada - sinais virtuais).

- **Método VRFT Flexível:** Adaptação do VRFT para processos com zeros de fase não-mínima (FNM), caso do modelo de pequenos sinais do conversor *boost*. Juntamente com os parâmetros do controlador, são identificados os zeros da planta, evitando o cancelamento dos zeros de FNM com polos instáveis.

## Resultados

- As principais características do conversor implementado são apresentadas abaixo:

Parâmetros do conversor	
Tensão de entrada mínima/máxima	20 V/85 V
Tensão de saída nominal	311 V
Potência nominal	100 W
Frequência de chaveamento	50 kHz

Tabela 1: Principais parâmetros do conversor implementado.

- Em malha aberta (MA), o conversor apresentou dinâmica de segunda ordem, com tempo de assentamento ( $t_s$ ) de aproximadamente 6 ms e 71,5% de máximo sobressinal ( $M_0$ ).

- Estrutura de controlador PID.
- $T_d(z)$ : escolhida de forma que apresentasse resposta ao salto com  $t_s$  duas vezes menor que em MA (3ms) e  $M_0 = 0\%$ .
- Os controladores obtidos foram:

$$C_{VRFT}(z) = 6,505 \cdot 10^{-5} \frac{z^2 - 1,28788z + 0,5174}{z^2 - z}$$

$$C_{VRFT Flex}(z) = 3,012 \cdot 10^{-3} \frac{z^2 + 1,9891z + 0,99485}{z^2 - z}$$

- Abaixo, é mostrada a saída do conversor em MF para um salto de referência, com os controladores sintonizados pelos diversos métodos.

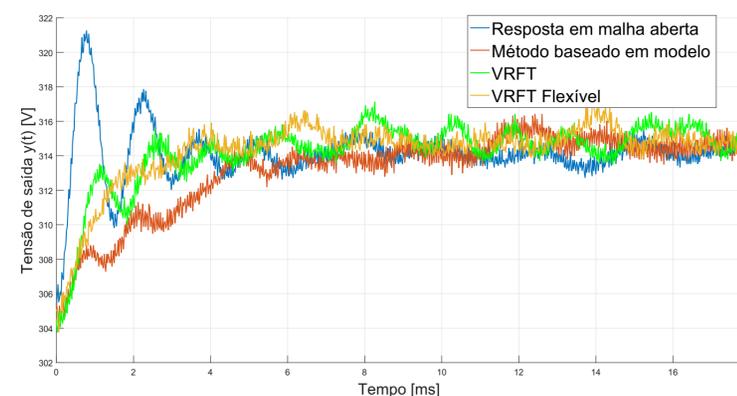


Figura 2: Resposta em malha aberta e em malha fechada para os métodos estudados.

- Os métodos DD resultaram em uma resposta com, aproximadamente, metade do  $t_s$  em MA, enquanto o método baseado em modelo apresentou  $t_s$ , aproximadamente, igual ao de MA.
- Para comparação dos métodos, foi estimada a norma-2 do erro entre a saída  $y(t)$  e a referência  $r(t)$ , o custo  $J_y(\rho) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \{r(t) - y(t)\}^2$ :

Método	$J_y(\rho)$
VRFT	4,8765
VRFT Flexível	4,1165
Baseado em modelo	8,2137

Tabela 2: Comparativo dos custos obtidos com cada método.

## Conclusões

- Os resultados experimentais comprovam que os métodos DD estudados são uma alternativa para o ajuste de controladores para o conversor *boost*. Com o VRFT e VRFT Flexível, foram atingidos tempos de acomodação aproximadamente duas vezes menores do que em malha aberta, mesmo com uma estrutura simples de controlador, como a PID.
- Dentre os métodos analisados, o VRFT Flexível apresentou o menor custo  $J_y(\rho)$ , aproximadamente metade do obtido com o método baseado no modelo do conversor, considerando uma estrutura similar de controlador.
- Como trabalhos futuros, é relevante a análise dos controladores projetados em ensaios de rejeição de distúrbio (carga e tensão de entrada do conversor). Além disso, se destaca a possibilidade de explorar os métodos DD para o controle de outras topologias de conversores CC-CC.

## Referências Bibliográficas (lista parcial)

- [1] BAZANELLA, A. S.; CAMPESTRINI, L.; ECKHARD, D. *Data-driven controller design: the H2 approach.*, Springer Science & Business Media, 2011.
- [2] RASHID, M. H. *Eletrônica de potência: circuitos, dispositivos e aplicações.*, Prentice Hall do Brasil, 1998.

## Agradecimentos

Agradeço a PROPESQ e a UFRGS pela bolsa de iniciação científica.