



Modelagem e Controle de Sistemas Fotovoltaicos

Aula 04 – P2: Modelagem e Controle de Conversor Boost: Design dos controladores

Prof. Heverton Augusto Pereira

heverton.pereira@ufv.br

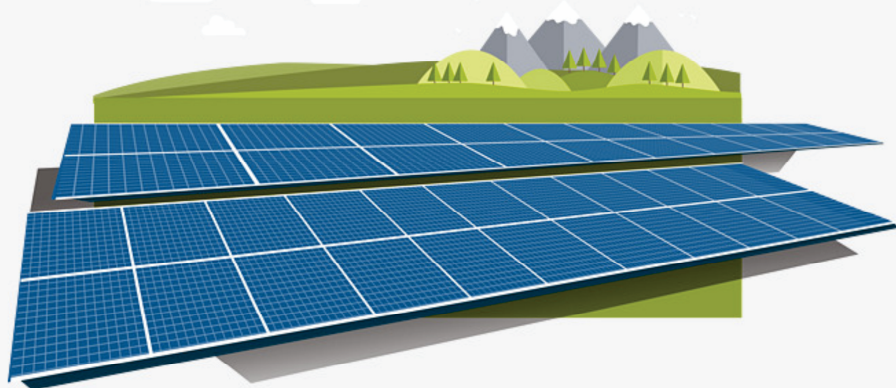
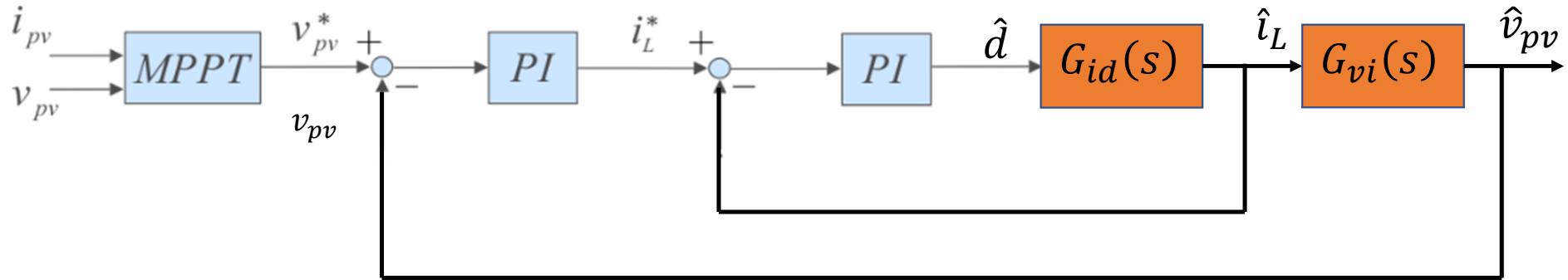


Diagrama de Blocos

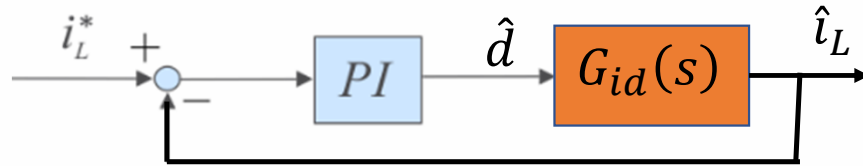


$$G_{id}(s) = \frac{\tilde{i}_L(s)}{\tilde{d}(s)} = \frac{V_{cc}}{L_b s + R_b}$$

$$G_{vi}(s) = \frac{\hat{v}_{pv}(s)}{\hat{i}_L(s)} = - \frac{1}{C_{pv} s + \frac{1}{R_{eq}}}$$

Sintonia dos Controladores: Malha interna

Controlador PI da malha de corrente no indutor do conversor *boost* é $(K_{pi} + K_{ii}/s)$.



$$G_{id}(s) = \frac{\tilde{i}_L(s)}{\tilde{d}(s)} = \frac{V_{cc}}{L_b s + R_b}$$

$$\text{Malha aberta} = \left(k_{pi} + \frac{k_{ii}}{s} \right) \left(\frac{V_{cc}}{L_b s + R_b} \right) = \frac{k_{pi}}{s} \left(s + \frac{k_{ii}}{k_{pi}} \right) \left(\frac{V_{cc}}{L_b \left(s + \frac{R_b}{L_b} \right)} \right)$$

$$\frac{k_{ii}}{k_{pi}} = \frac{R_b}{L_b}$$

$$\text{Malha aberta} = \frac{V_{cc} k_{pi}}{L_b s}$$

$$\text{Malha fechada} = \frac{\frac{V_{cc} k_{pi}}{L_b s}}{1 + \frac{V_{cc} k_{pi}}{L_b s}} = \frac{1}{\frac{L_b}{V_{cc} k_{pi}} s + 1}$$

$$\omega_{ci} = \frac{V_{cc} k_{pi}}{L_b}$$

$$k_{pi} = \frac{2\pi f_{ci} L_b}{V_{cc}}$$

$$k_{ii} = \frac{2\pi f_{ci} R_b}{V_{cc}}$$

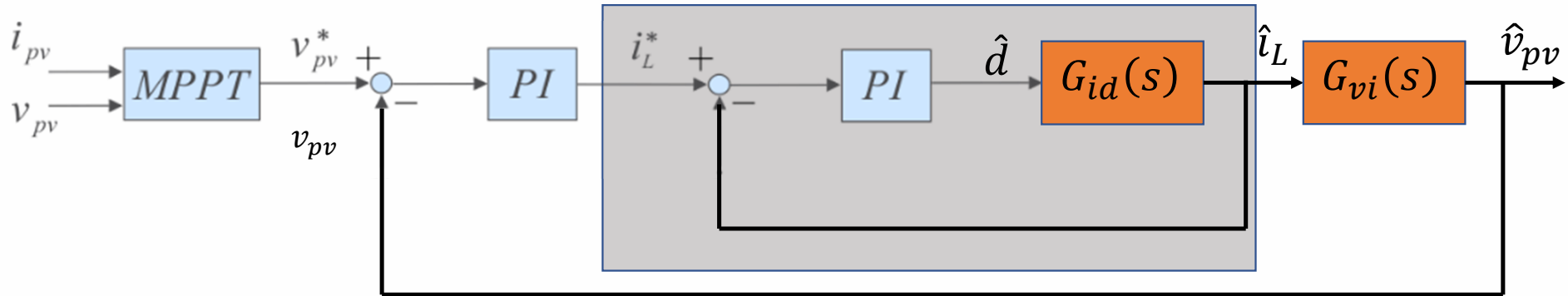
Sintonia dos Controladores: Malha interna

- ✓ O ajuste do controlador é realizado pela alocação de polos de forma a cancelar o polo da planta.
- ✓ Isto resulta nos seguintes ganhos do controlador:

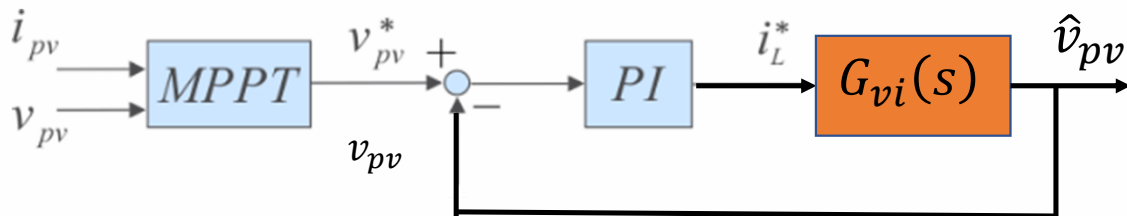
$$\begin{cases} K_{pi} = \frac{2\pi f_{ci} L_b}{V_{cc}} \\ K_{ii} = \frac{2\pi f_{ci} R_b}{V_{cc}} \end{cases}$$

- ✓ f_{ci} é a frequência de corte da malha.
- ✓ Seu valor é geralmente limitado uma década abaixo da frequência de chaveamento do conversor para que se possa desprezar os atrasos gerados pelo conversor e sensores, por exemplo.

Sintonia dos Controladores: Malha externa

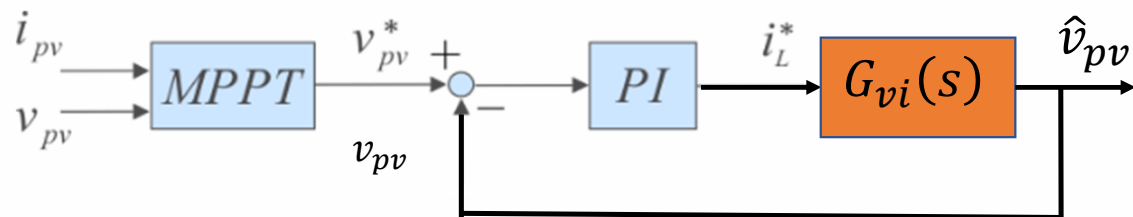


Consideramos que a malha de corrente é muito mais rápida que a de tensão!



Sintonia dos Controladores: Malha externa

Controlador PI da malha de tensão no capacitor de entrada do boost é $(k_{pv} + k_{iv}/s)$.



$$G_{vi}(s) = \frac{\hat{v}_{pv}(s)}{\hat{i}_L(s)} = - \frac{1}{C_{pv}s + \frac{1}{R_{eq}}}$$

$$\text{Malha aberta} = - \left(k_{pv} + \frac{k_{iv}}{s} \right) \left(\frac{1}{C_{pv}s + \frac{1}{R_{eq}}} \right) = - \frac{k_{pv}}{s} \left(s + \frac{k_{iv}}{k_{pv}} \right) \left(\frac{1}{C_{pv} \left(s + \frac{1}{C_{pv}R_{eq}} \right)} \right)$$

$$\frac{k_{iv}}{k_{pv}} = \frac{1}{C_{pv}R_{eq}}$$

$$\text{Malha aberta} = - \frac{k_{pv}}{C_{pv}s}$$

$$\text{Malha fechada} = \frac{-\frac{k_{pv}}{C_{pv}s}}{1 - \frac{k_{pv}}{C_{pv}s}} = \frac{k_{pv}}{C_{pv}s + k_{pv}} = \frac{1}{-\frac{C_{pv}}{k_{pv}}s + 1}$$

$$\omega_{cv} = - \frac{k_{pv}}{C_{pv}}$$

$$k_{pv} = -2\pi f_{cv} C_{pv}$$

$$k_{iv} = - \frac{2\pi f_{cv}}{R_{eq}}$$

Sintonia dos Controladores: Malha externa

- ✓ Utilizando $G_{vi}(s)$, e alocando os polos.
- ✓ Isto resulta nos seguintes ganhos do controlador da tensão no capacitor de entrada do conversor:

$$\begin{cases} K_{pv} = -2\pi f_{cv} C_{pv} \\ K_{iv} = \frac{-2\pi f_{cv}}{R_{eq}} \end{cases}$$

- ✓ onde f_{cv} é a frequência de corte da malha de tensão.
- ✓ Essa frequência é ajustada **uma década** abaixo da frequência de corte da malha de corrente para garantir o funcionamento do controle em cascata.



www.gesep.ufv.br



Gesep



gesep_vicosa



Gesep UFV



ES
Estimate - Sistemas
Fotovoltaicos



<https://play.google.com/store/apps/details?id=br.developer.gesep.estimate>



Obrigado!

Heverton Augusto Pereira

Prof. Departamento de Engenharia Elétrica | UFV

Coordenador da Gerência de Especialistas em Sistemas Elétricos de Potência | Gesep

Membro do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica | PPGEL/CEFET-MG

E-mail: heverton.pereira@ufv.br