

Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina
Departamento Acadêmico de Eletrônica
Conversores Estáticos



Conversores CA-CC Trifásicos

Controlados

Prof. Clóvis Antônio Petry.

Florianópolis, março de 2008.

Bibliografia para esta aula

Capítulo 8: Retificadores trifásicos controlados

1. Retificador trifásico de ponto médio:
 - A estrutura;
 - Funcionamento com carga resistiva;
 - Funcionamento com carga indutiva.
2. Retificador trifásico de onda completa:
 - A estrutura;
 - Funcionamento com carga resistiva;
 - Funcionamento com carga indutiva.
3. Ponte trifásica mista
4. O problema da comutação



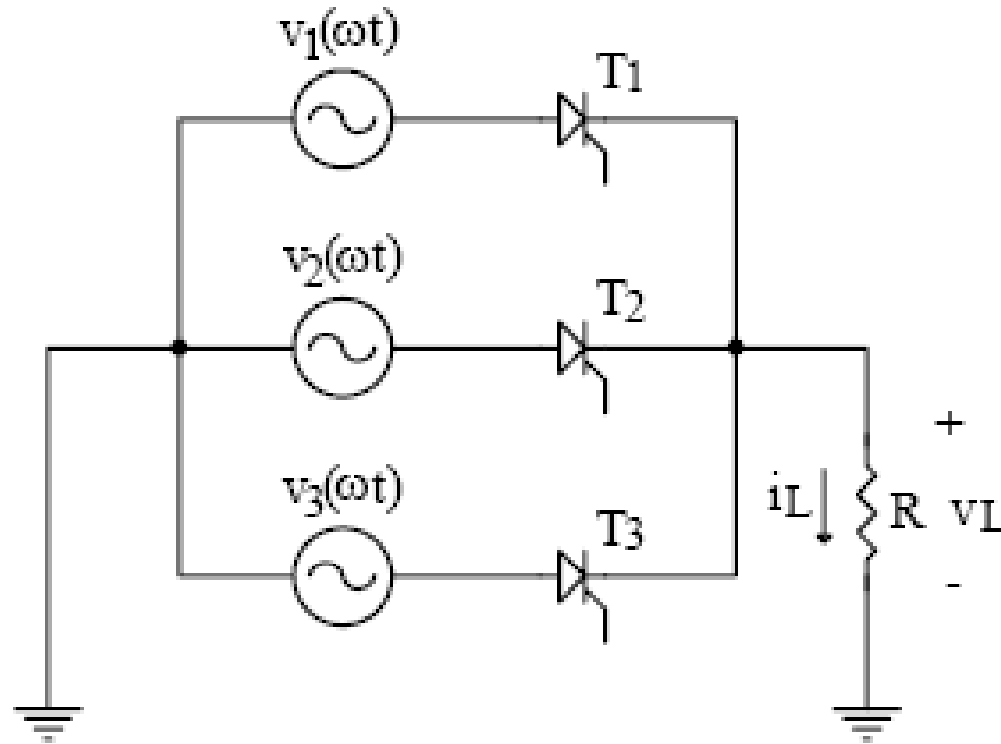
Nesta aula

Conversores CA-CC trifásicos controlados:

1. Retificador trifásico de ponto médio:
 - A estrutura;
 - Funcionamento com carga resistiva;
 - Funcionamento com carga indutiva.
2. Retificador trifásico de onda completa:
 - A estrutura;
 - Funcionamento com carga resistiva;
 - Funcionamento com carga indutiva.
3. Ponte trifásica mista
4. O problema da comutação

Retificador trifásico de ponto médio

A estrutura:



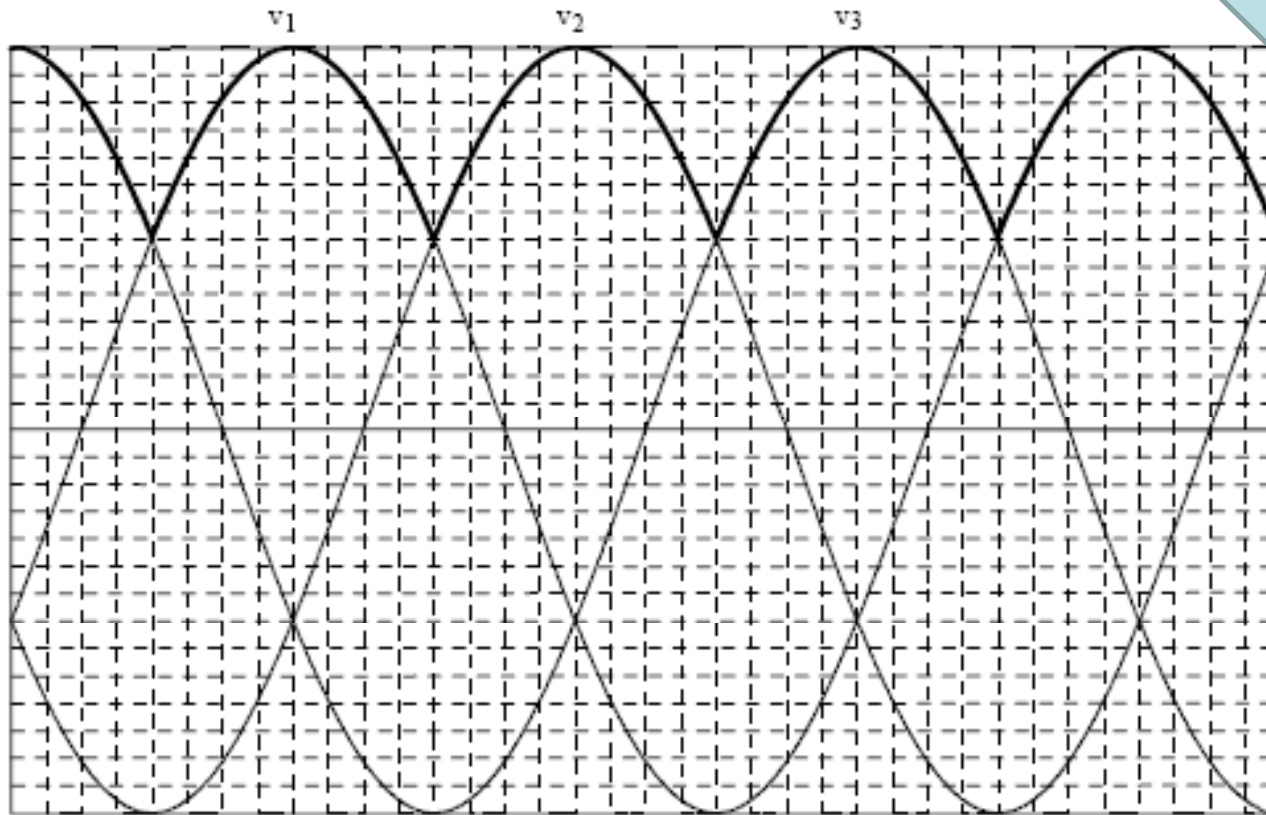
$$v_1(\omega t) = V_o \cdot \text{sen}(\omega t)$$

$$v_2(\omega t) = V_o \cdot \text{sen}(\omega t - 120^\circ)$$

$$v_3(\omega t) = V_o \cdot \text{sen}(\omega t + 120^\circ)$$

Retificador trifásico de ponto médio

Carga resistiva pura:



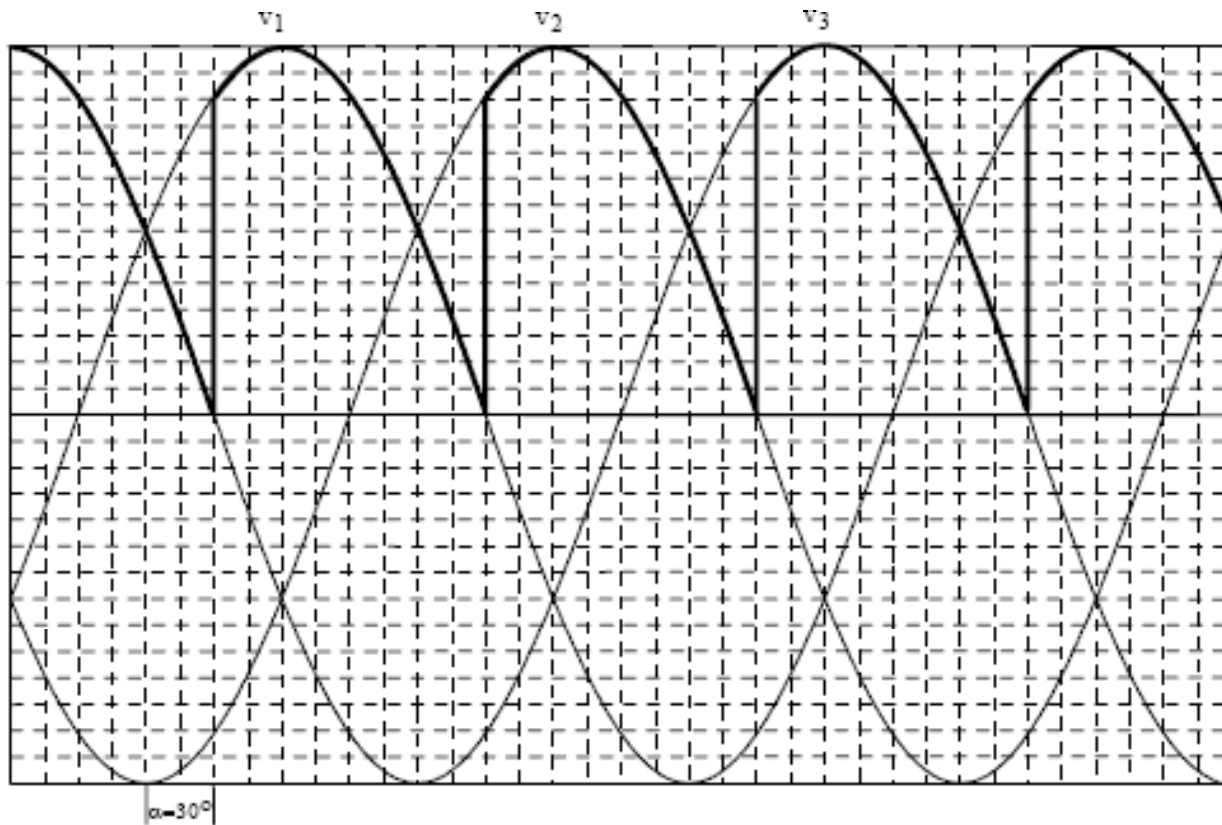
3 pulsos

$$\alpha = 0^\circ$$

Condução contínua

Retificador trifásico de ponto médio

Carga resistiva pura:

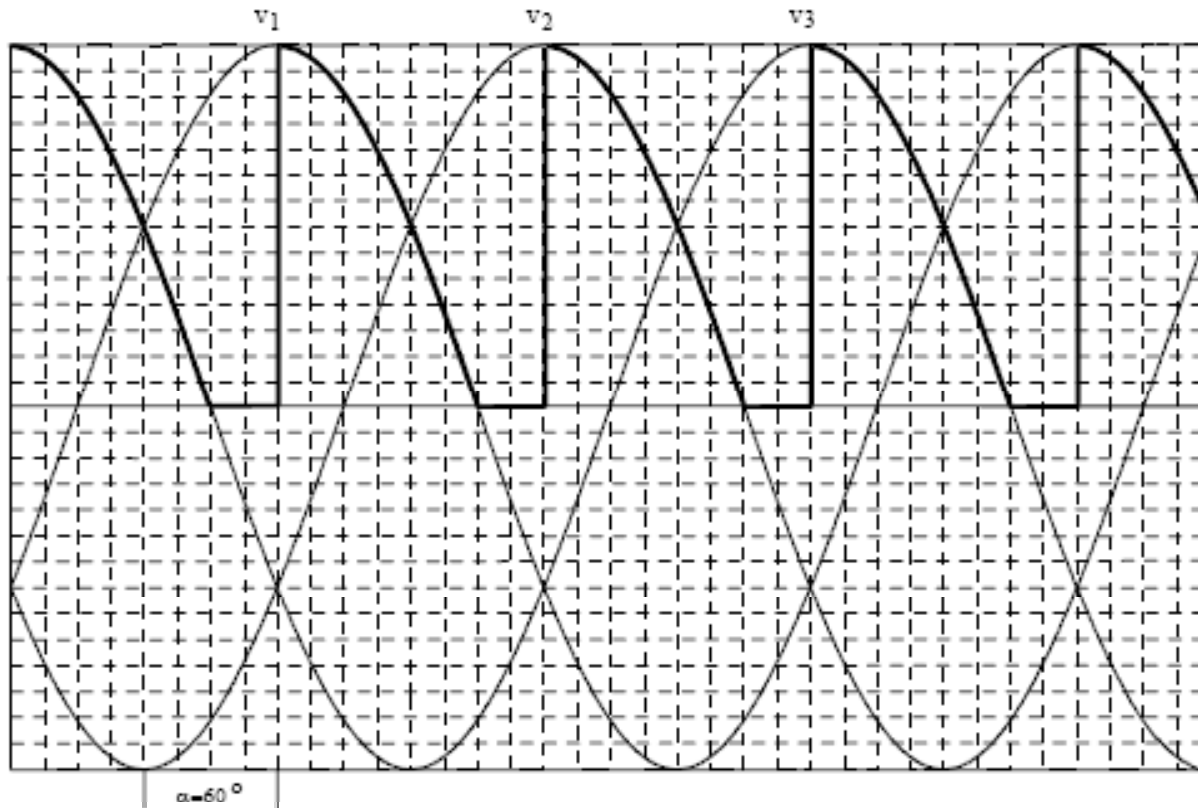


$$\alpha = 30^\circ$$

Condução crítica

Retificador trifásico de ponto médio

Carga resistiva pura:



$$\alpha = 60^\circ$$

Condução descontínua

Retificador trifásico de ponto médio

Carga resistiva pura:

Tensão média na carga:

$$v(\omega t) = \sqrt{2} \cdot V_o \cdot \text{sen}(\omega t)$$

$$V_{Lmed} = \frac{3}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6} + \alpha}^{\frac{5\pi}{6} + \alpha} \sqrt{2} \cdot V_o \cdot \text{sen}(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

$$V_{Lmed} = \frac{3 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot V_o}{2\pi} \cos(\alpha) \cong 1,17 \cdot V_o \cdot \cos(\alpha)$$

Condução contínua

$$0 < \alpha < \frac{\pi}{6}$$

Retificador trifásico de ponto médio

Carga resistiva pura:

Tensão média na carga:

$$v(\omega t) = \sqrt{2} \cdot V_o \cdot \text{sen}(\omega t)$$

$$V_{Lmed} = \frac{3}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{6} + \alpha}^{\pi} \sqrt{2} \cdot V_o \cdot \text{sen}(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

$$V_{Lmed} = \frac{3 \cdot \sqrt{2} \cdot V_o}{2\pi} \left[1 + \cos\left(\alpha + \frac{\pi}{6}\right) \right]$$

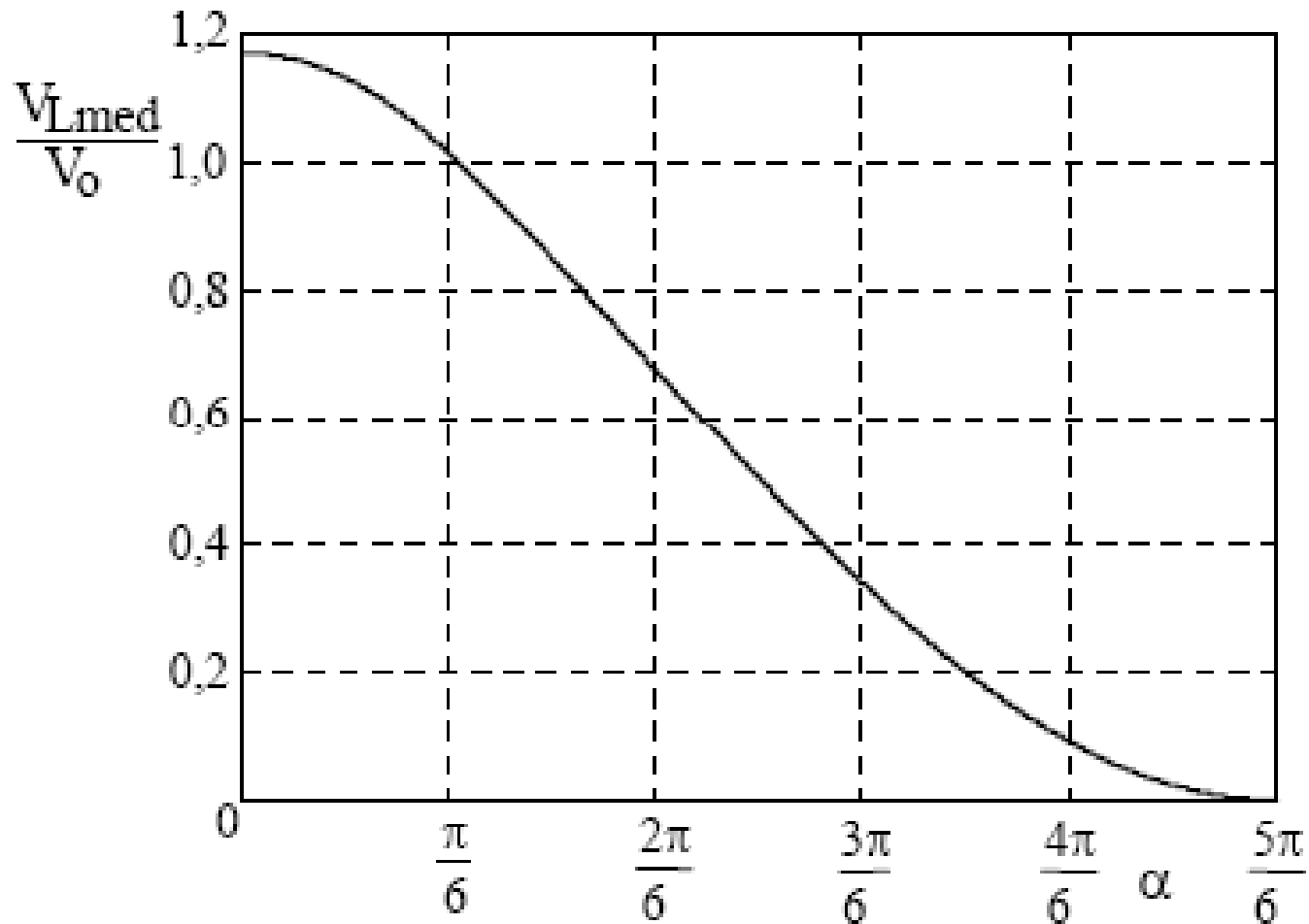
$$V_{Lmed} \cong 0,675 \cdot V_o \cdot \left[1 + \cos\left(\alpha + \frac{\pi}{6}\right) \right]$$

Condução descontínua

$$\frac{\pi}{6} < \alpha < \frac{5\pi}{6}$$

Retificador trifásico de ponto médio

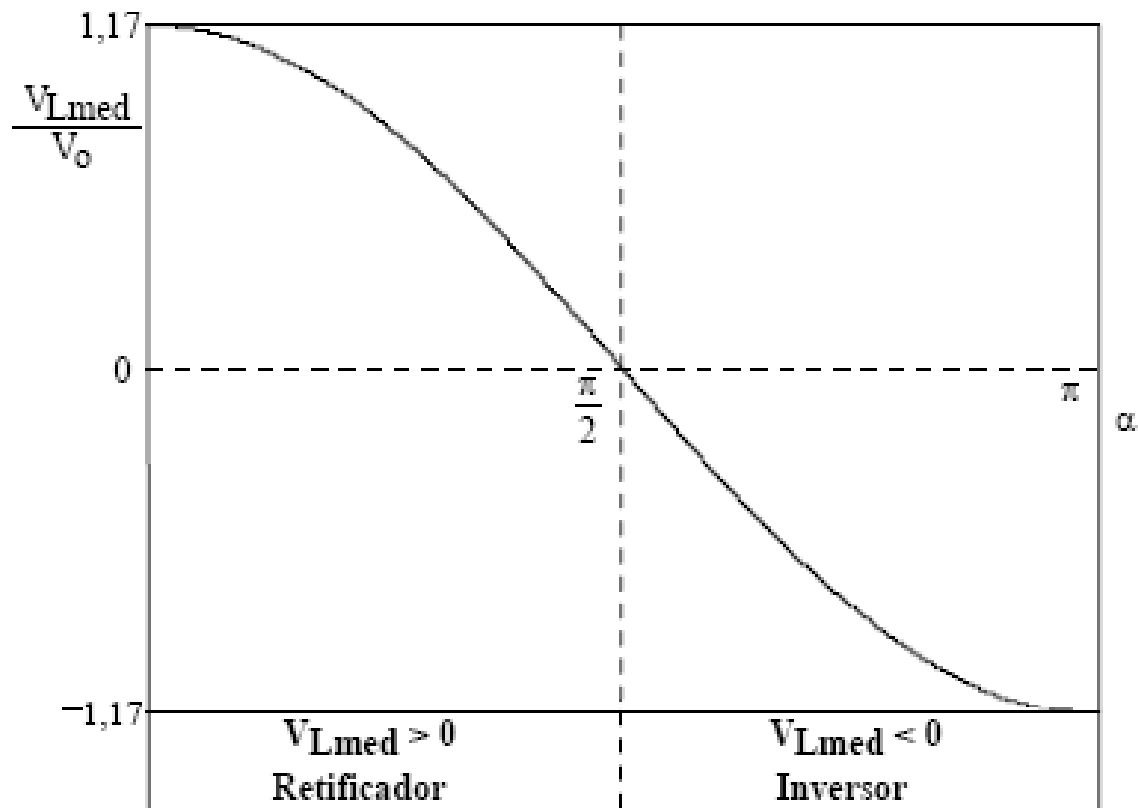
Carga resistiva pura:



Retificador trifásico de ponto médio

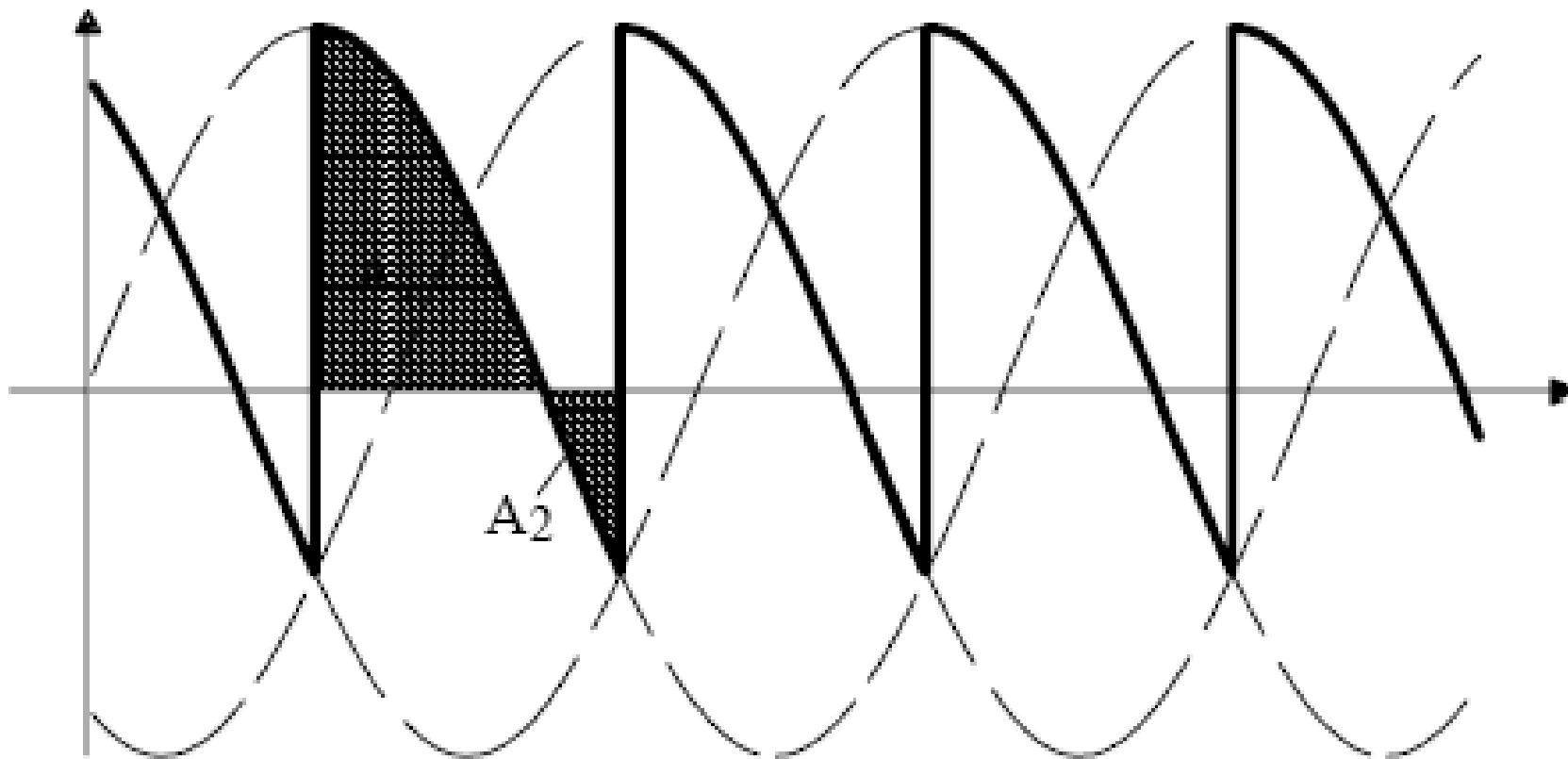
Carga RL:

$$V_{Lmed} \cong 1,17 \cdot V_o \cdot \cos(\alpha)$$



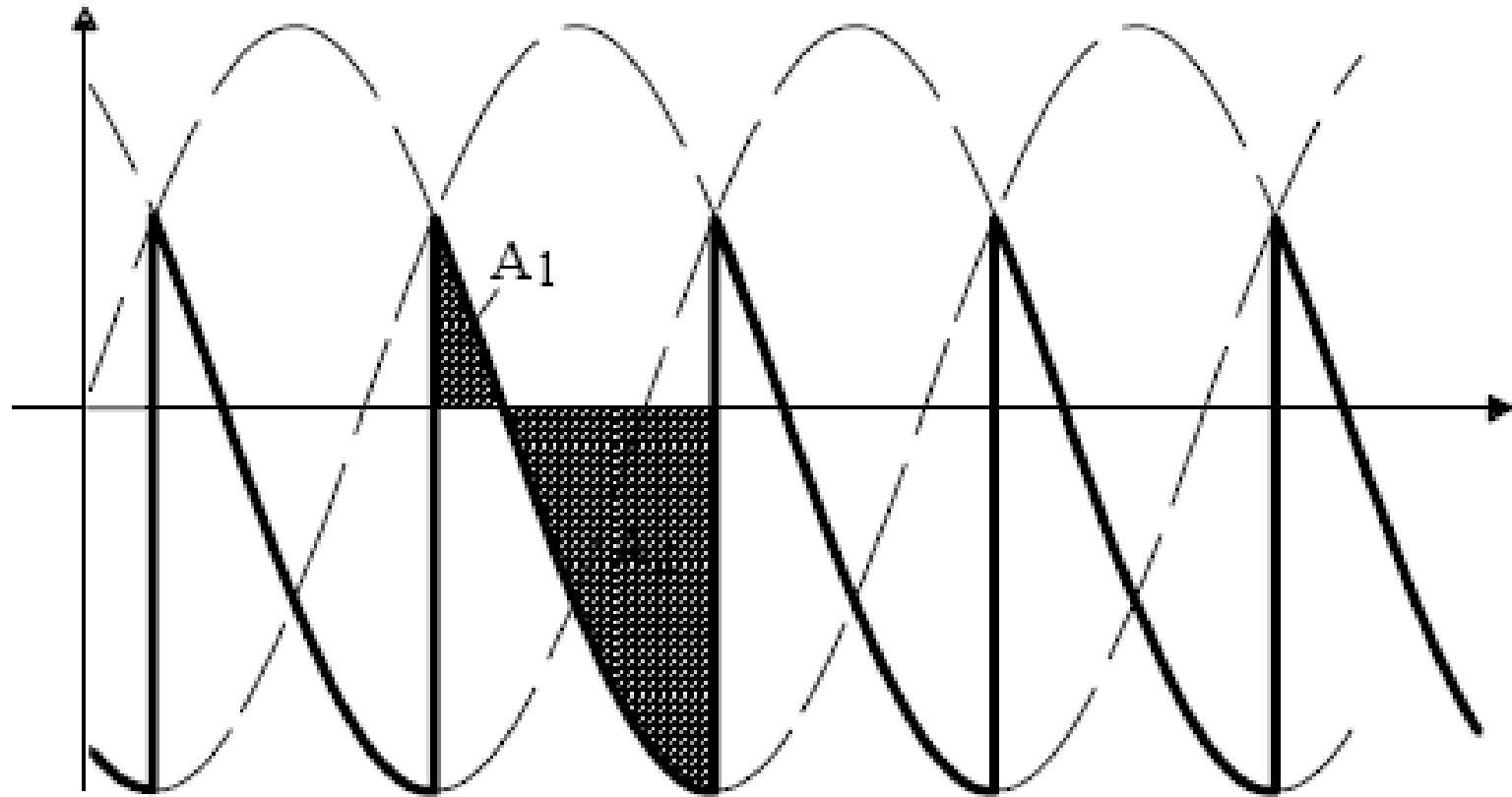
Retificador trifásico de ponto médio

Carga RL:



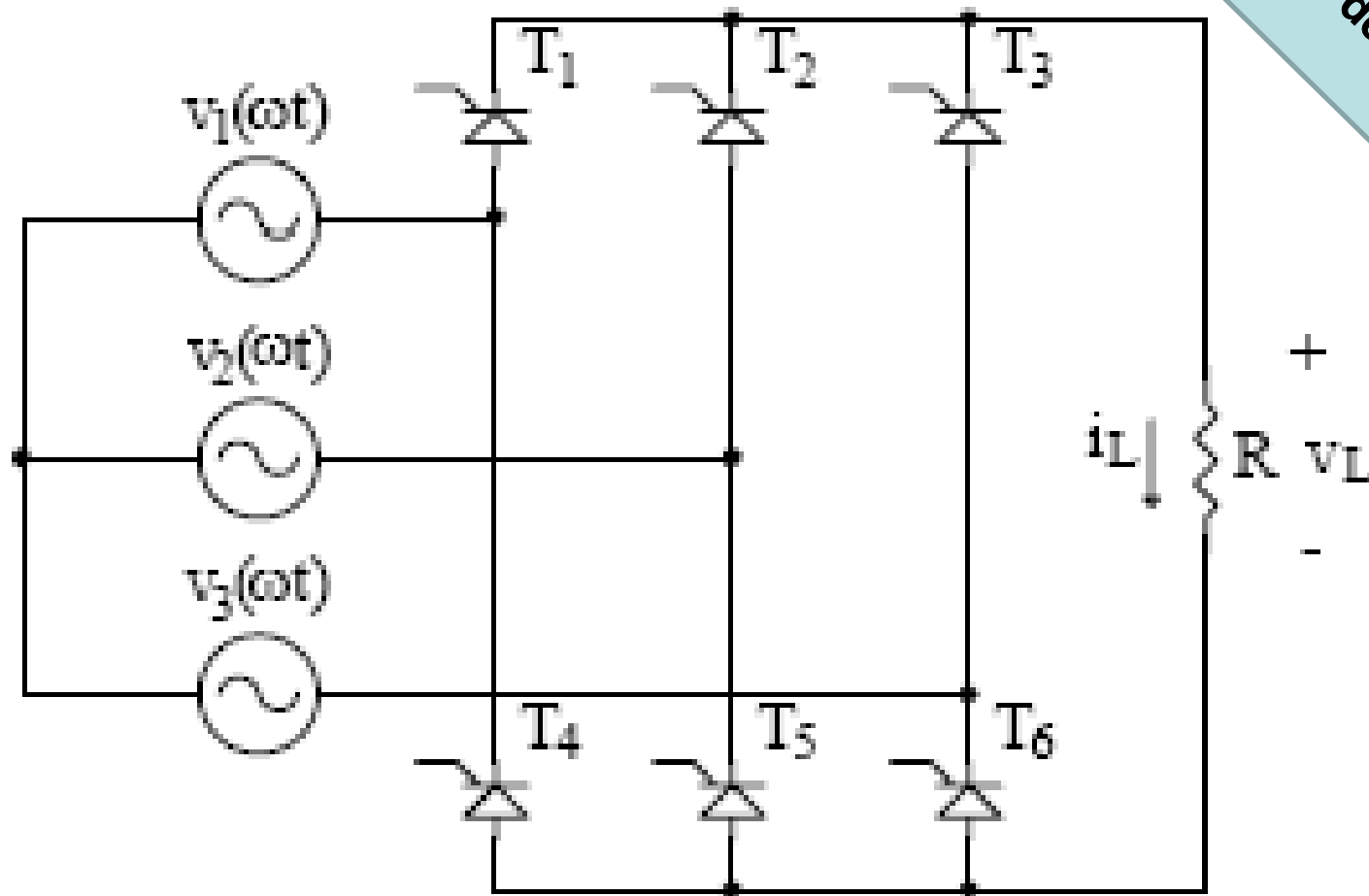
Retificador trifásico de ponto médio

Carga RL:



Retificador trifásico de onda completa

A estrutura:



Ponte de Graetz

Retificador trifásico de onda completa

Carga resistiva pura:

Tensão média na carga:

$$V_{Lmed} \cong 2,34 \cdot V_o$$

$$V_{Lmed} = \frac{6}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{3} + \alpha}^{\frac{2\pi}{3} + \alpha} \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot V_o \cdot \text{sen}(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

$$V_{Lmed} \cong 2,34 \cdot V_o \cdot \cos(\alpha)$$

$$V_{Lmed} = \frac{6}{2\pi} \int_{\frac{\pi}{3} + \alpha}^{\pi} \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot V_o \cdot \text{sen}(\omega t) \cdot d(\omega t)$$

$$V_{Lmed} \cong 2,34 \cdot V_o \cdot \left[1 + \cos\left(\alpha + \frac{\pi}{3}\right) \right]$$

Condução contínua

$$\alpha = 0^\circ$$

Condução contínua

$$0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{3}$$

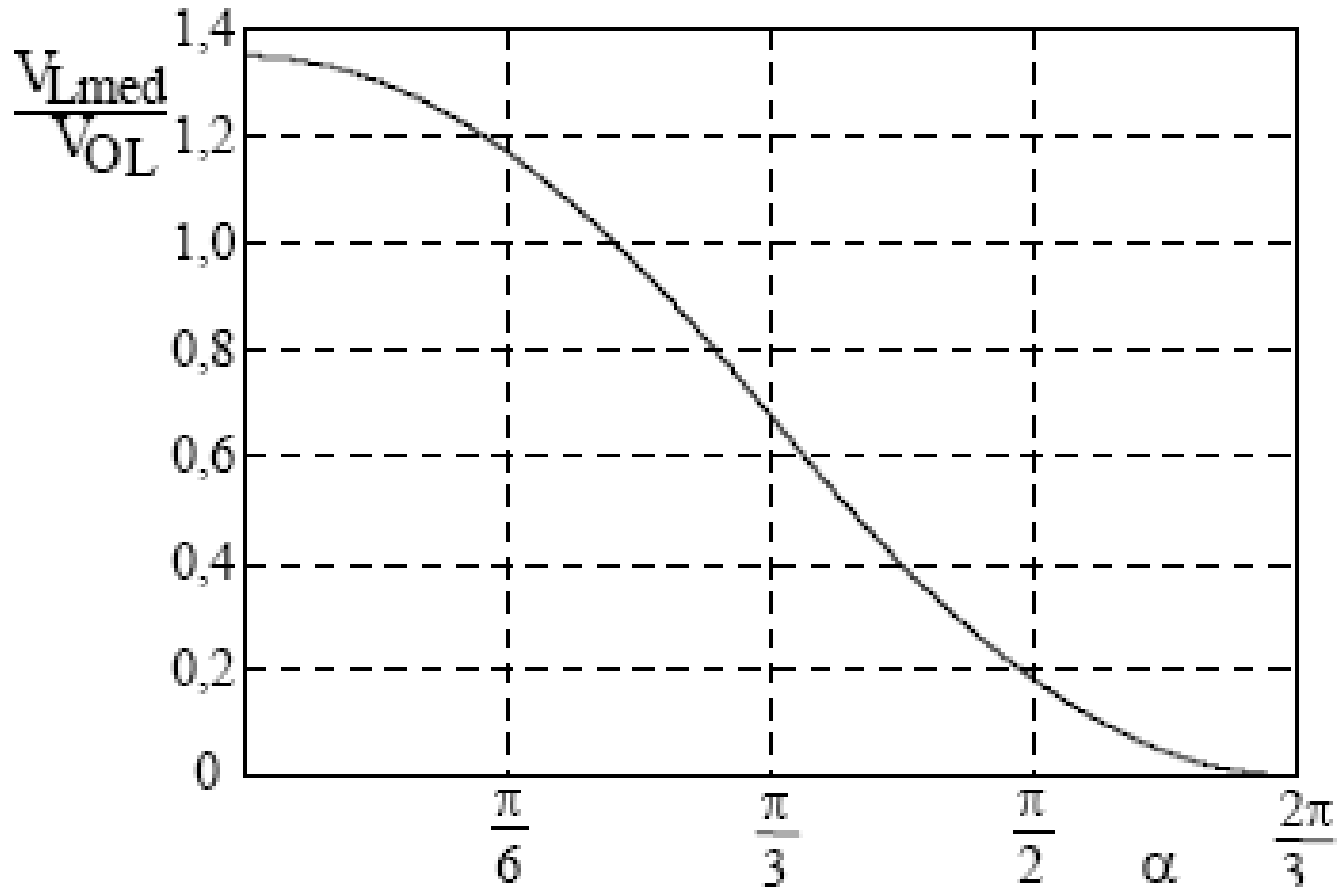
Condução descontínua

$$\frac{\pi}{3} \leq \alpha \leq \frac{2\pi}{3}$$

Retificador trifásico de onda completa

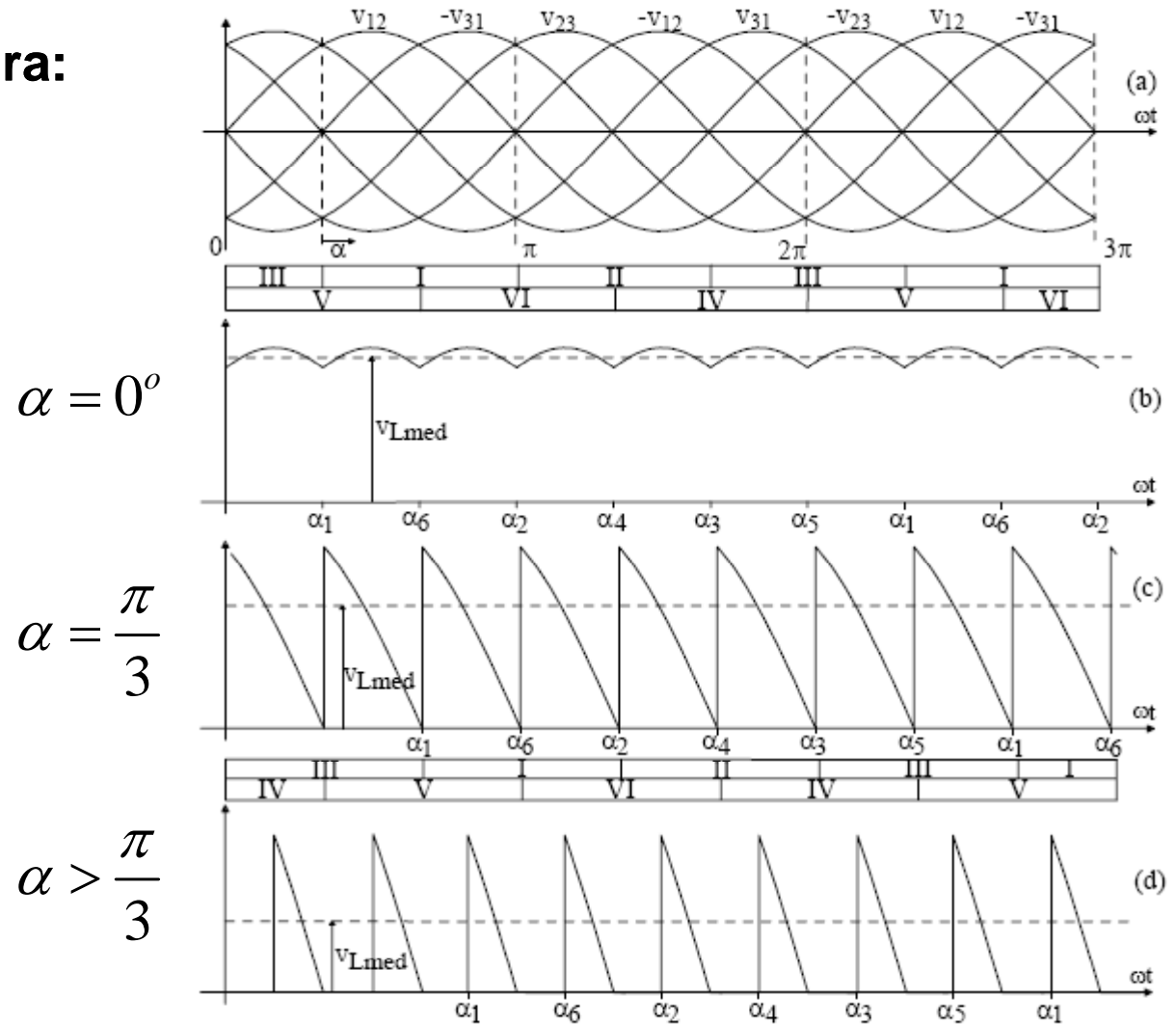
Carga resistiva pura:

$$V_{oL} = \sqrt{3} \cdot V_o$$



Retificador trifásico de onda completa

Carga resistiva pura:



Retificador trifásico de onda completa

Carga RL:

Tensão média na carga:

$$V_{Lmed} \cong 2,34 \cdot V_o \cdot \cos(\alpha)$$

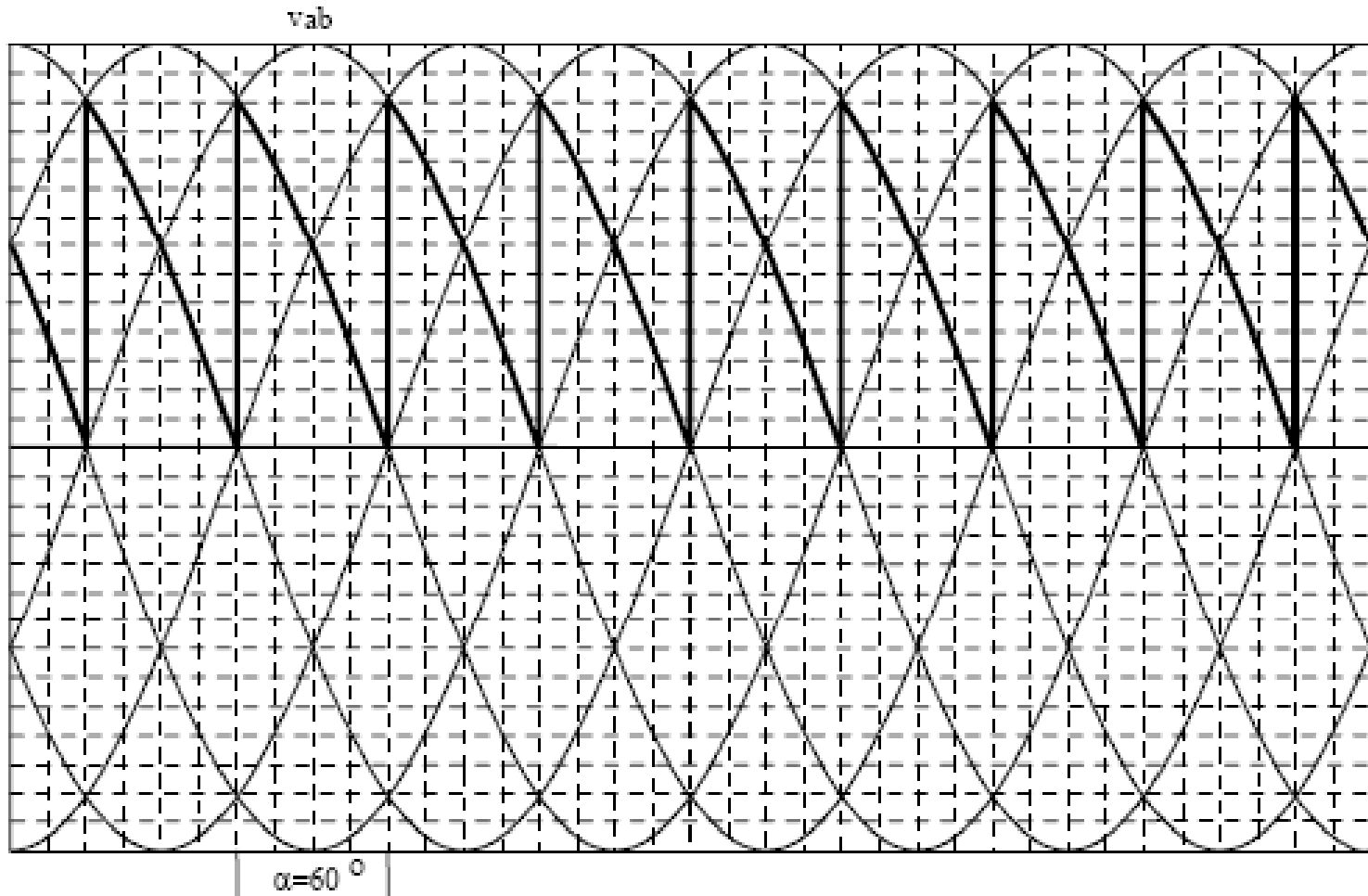
a) $0 \leq \alpha < \frac{\pi}{2} \Rightarrow V_{Lmed} > 0 \Rightarrow$ Operação como retificador

b) $\frac{\pi}{2} < \alpha \leq \pi \Rightarrow V_{Lmed} < 0 \Rightarrow$ Operação como inversor

c) $0 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow V_{Lmed} = 0$

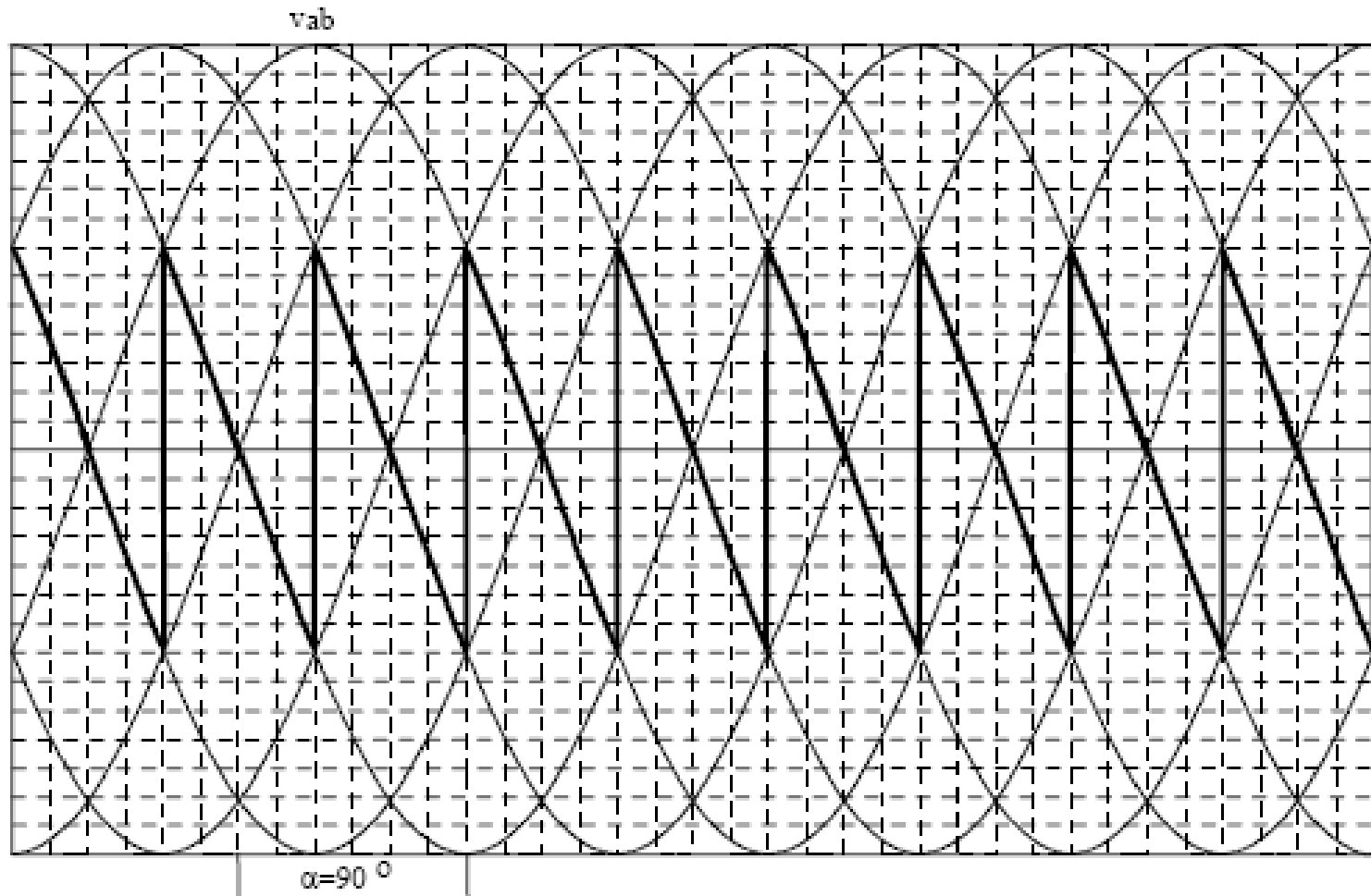
Retificador trifásico de onda completa

Carga RL:



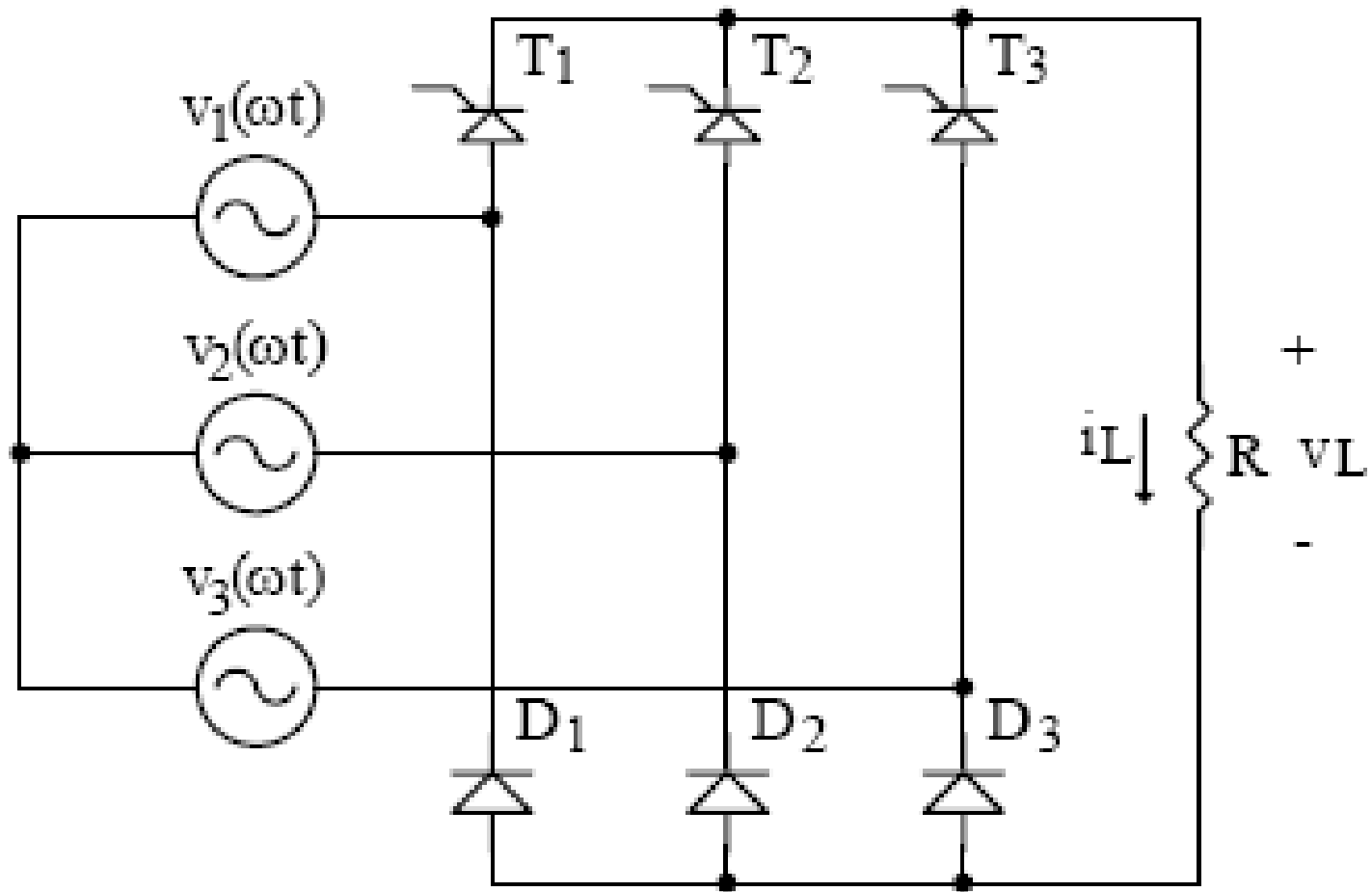
Retificador trifásico de onda completa

Carga RL:



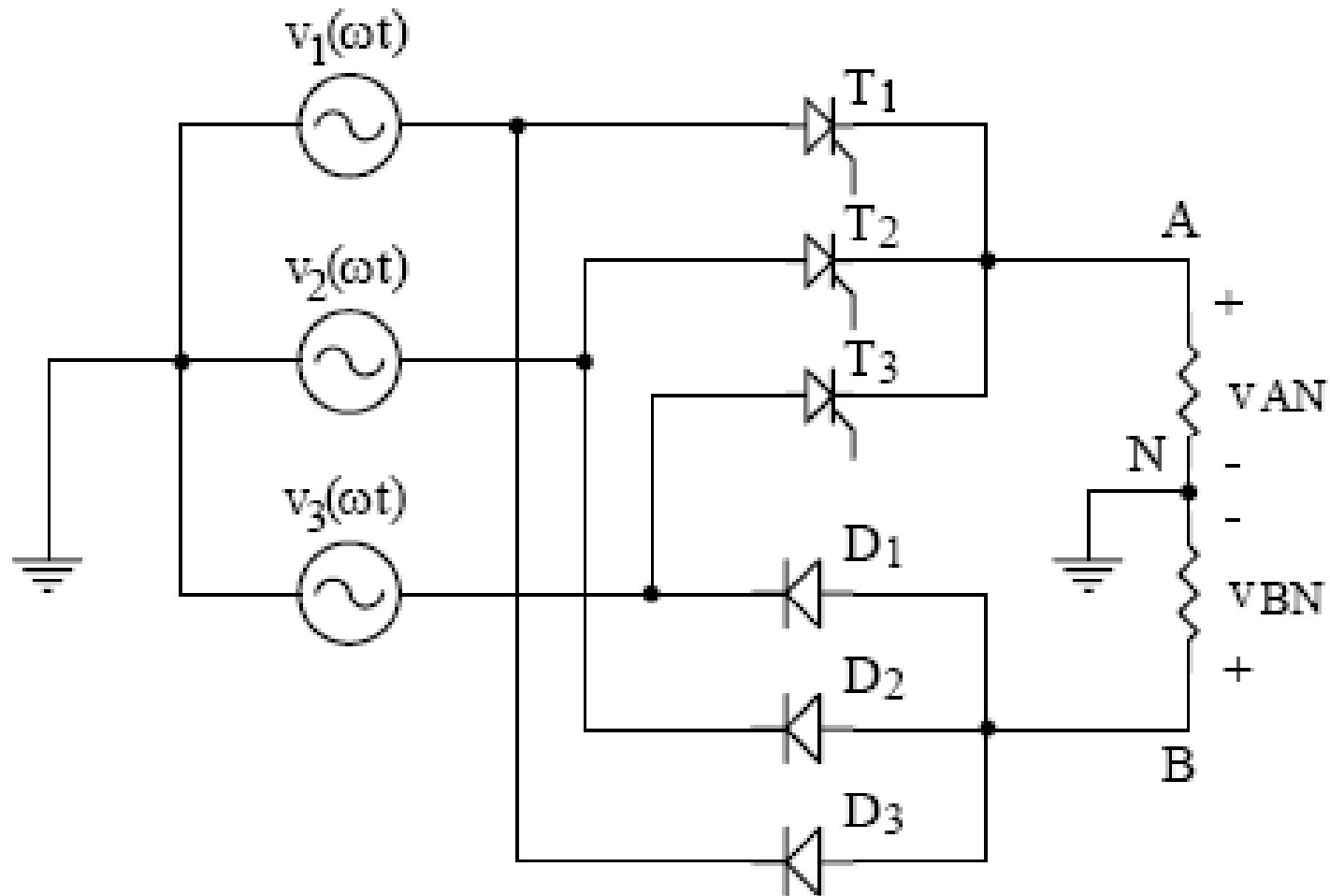
Retificador trifásico de onda completa misto

Para aplicações que requerem operação em 1 quadrante:



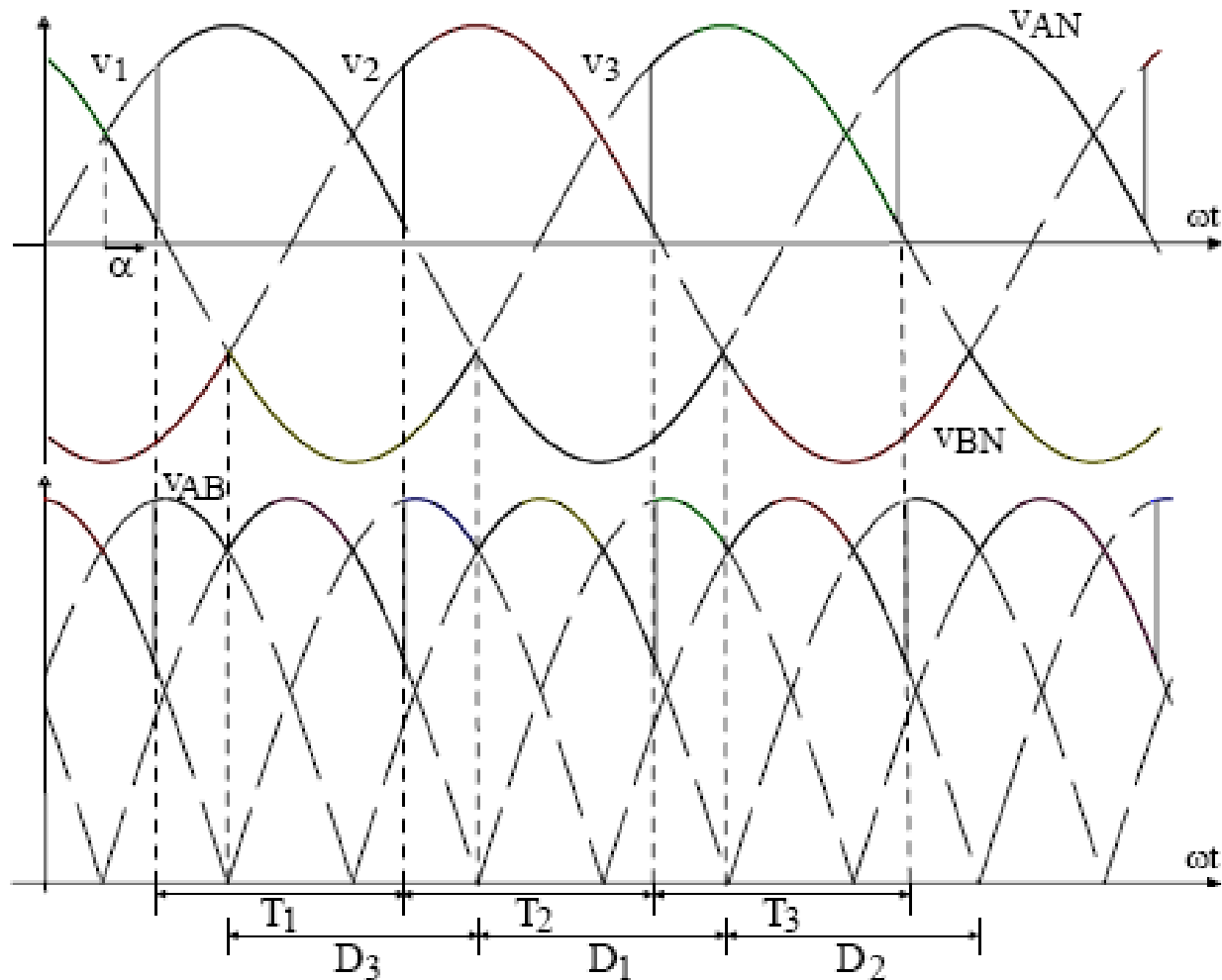
Retificador trifásico de onda completa misto

Funcionamento da estrutura:



Retificador trifásico de onda completa misto

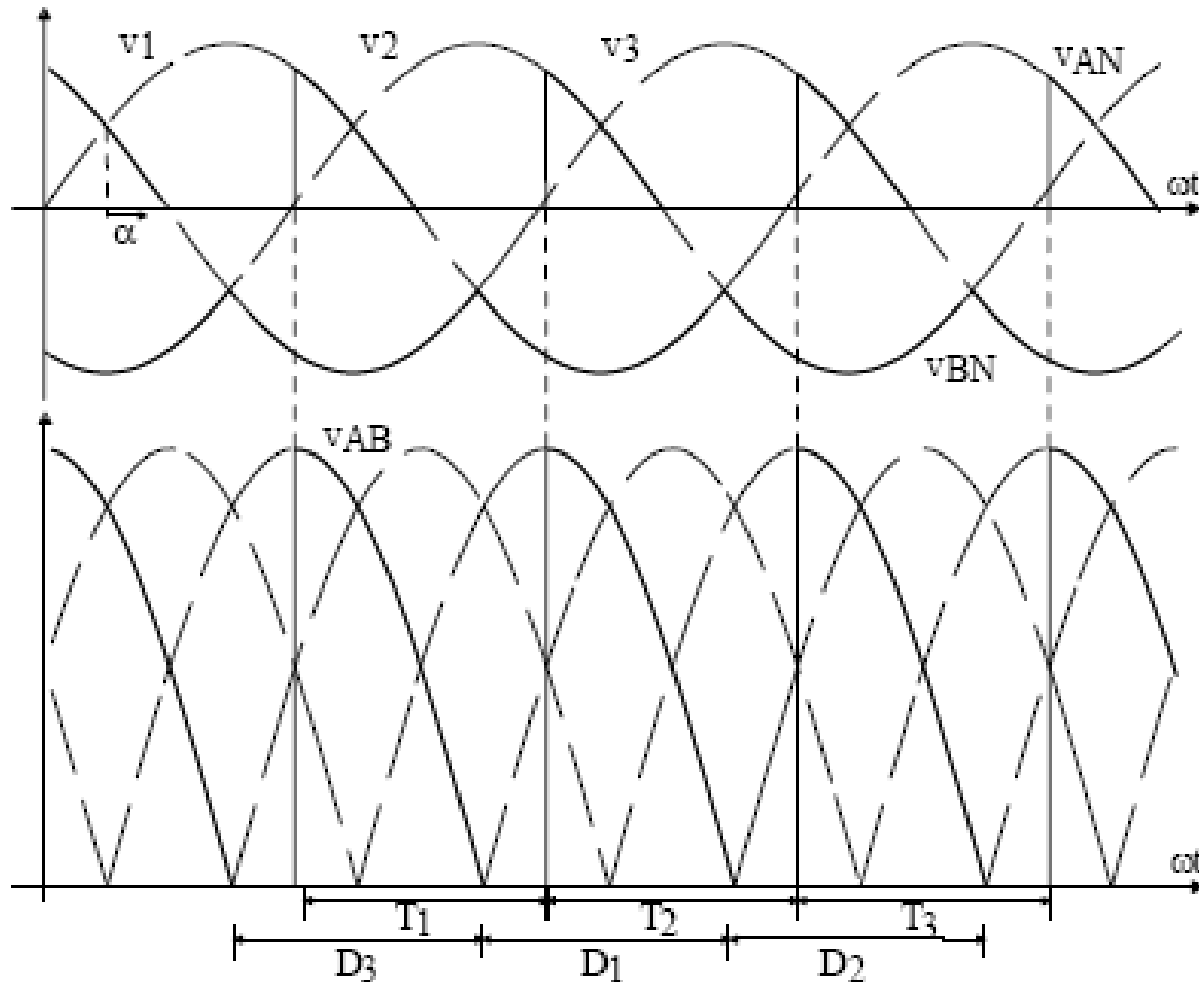
Funcionamento da estrutura:



Condução contínua

Retificador trifásico de onda completa misto

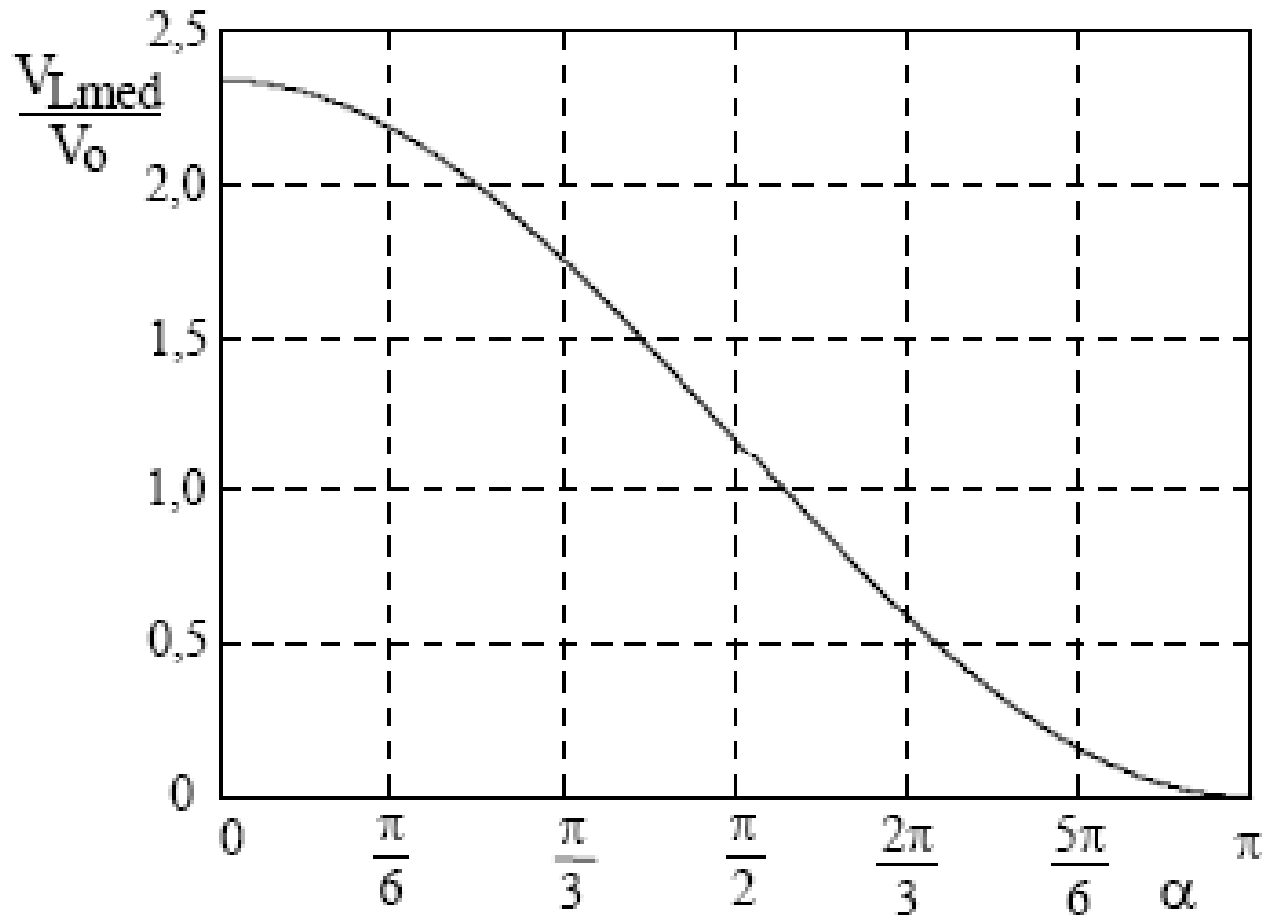
Funcionamento da estrutura:



Condução descontínua

Retificador trifásico de onda completa misto

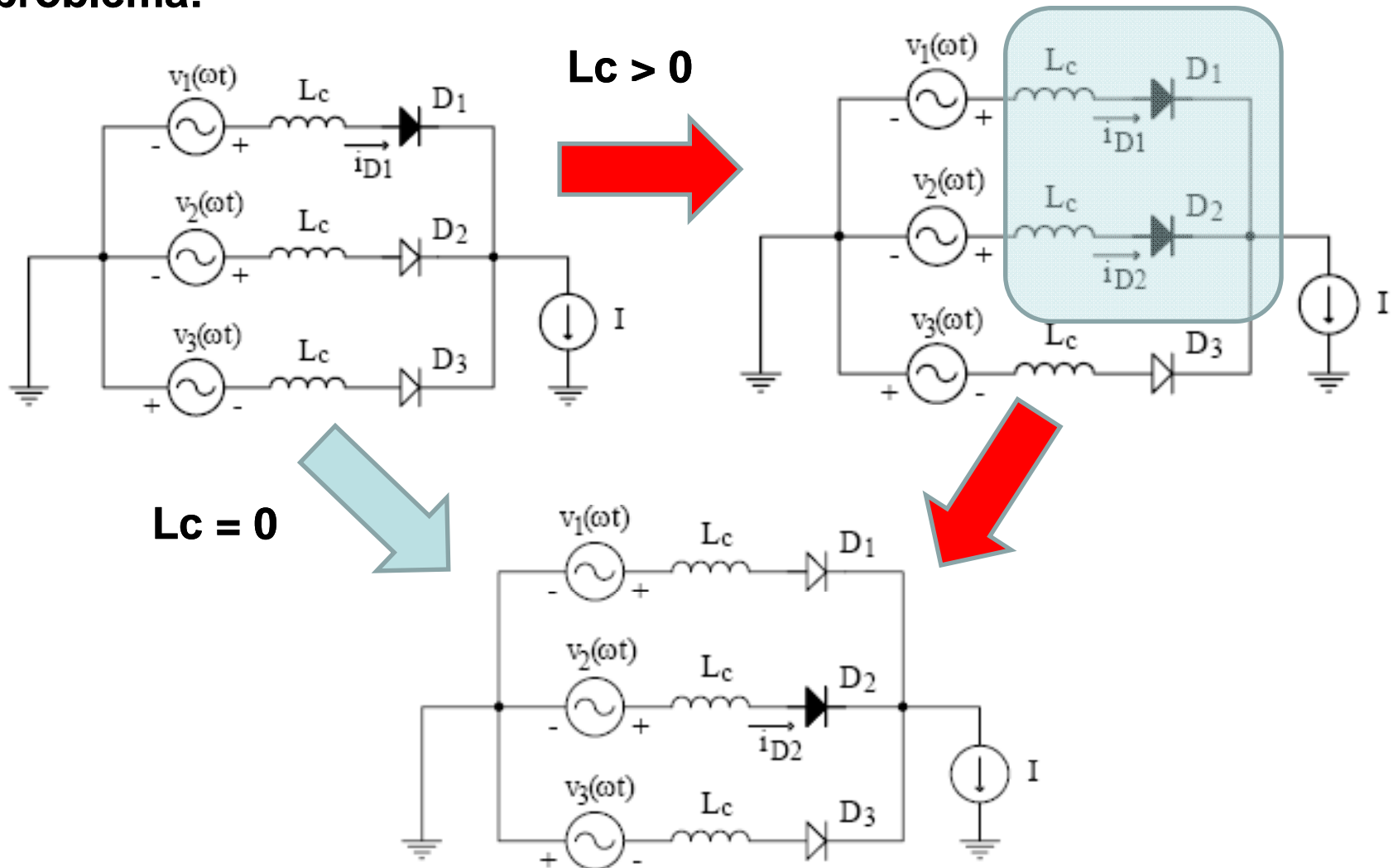
Funcionamento da estrutura:



$$V_{Lmed} \cong 1,17 \cdot V_o \cdot [1 + \cos(\alpha)]$$

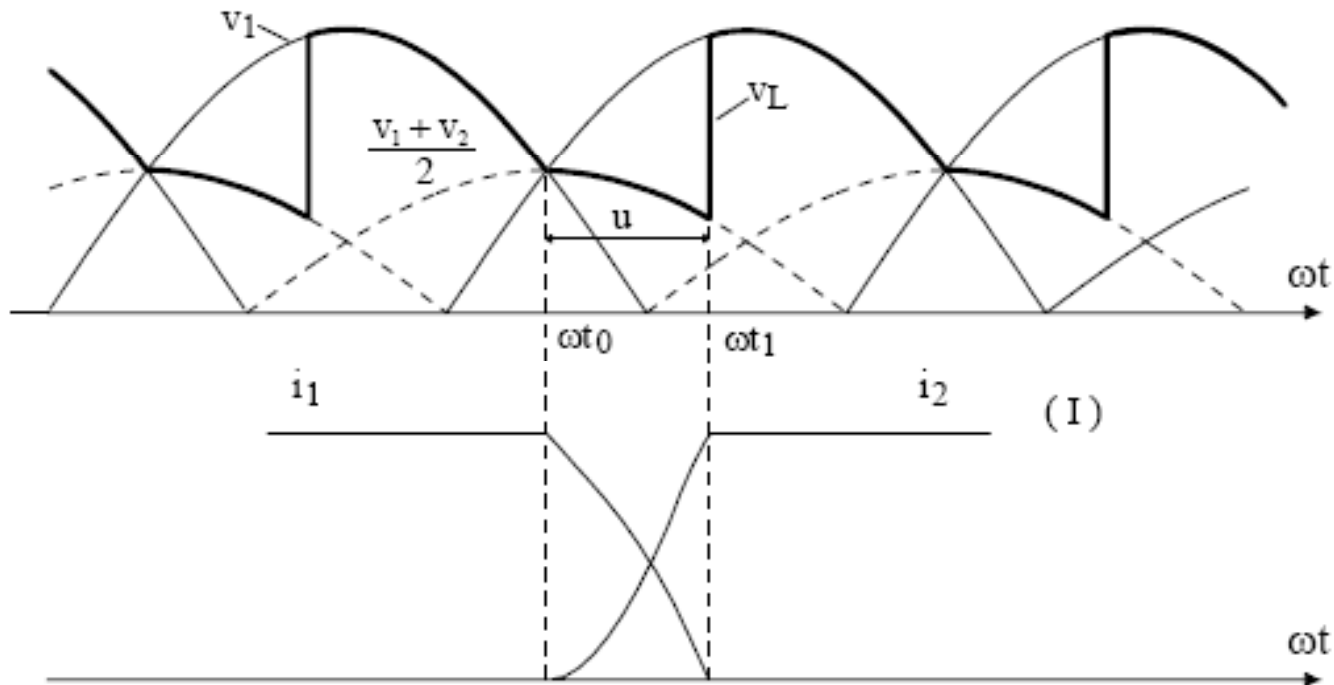
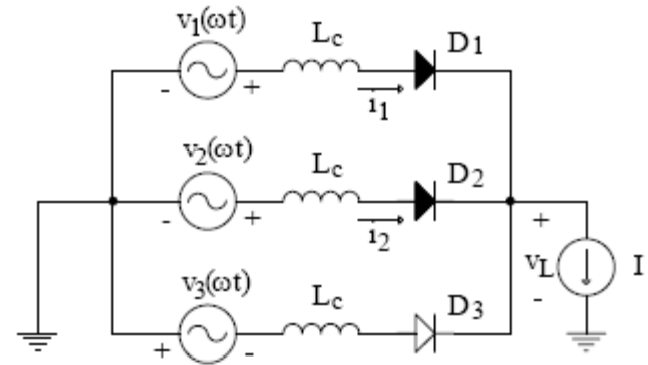
Estudo da comutação

O problema:



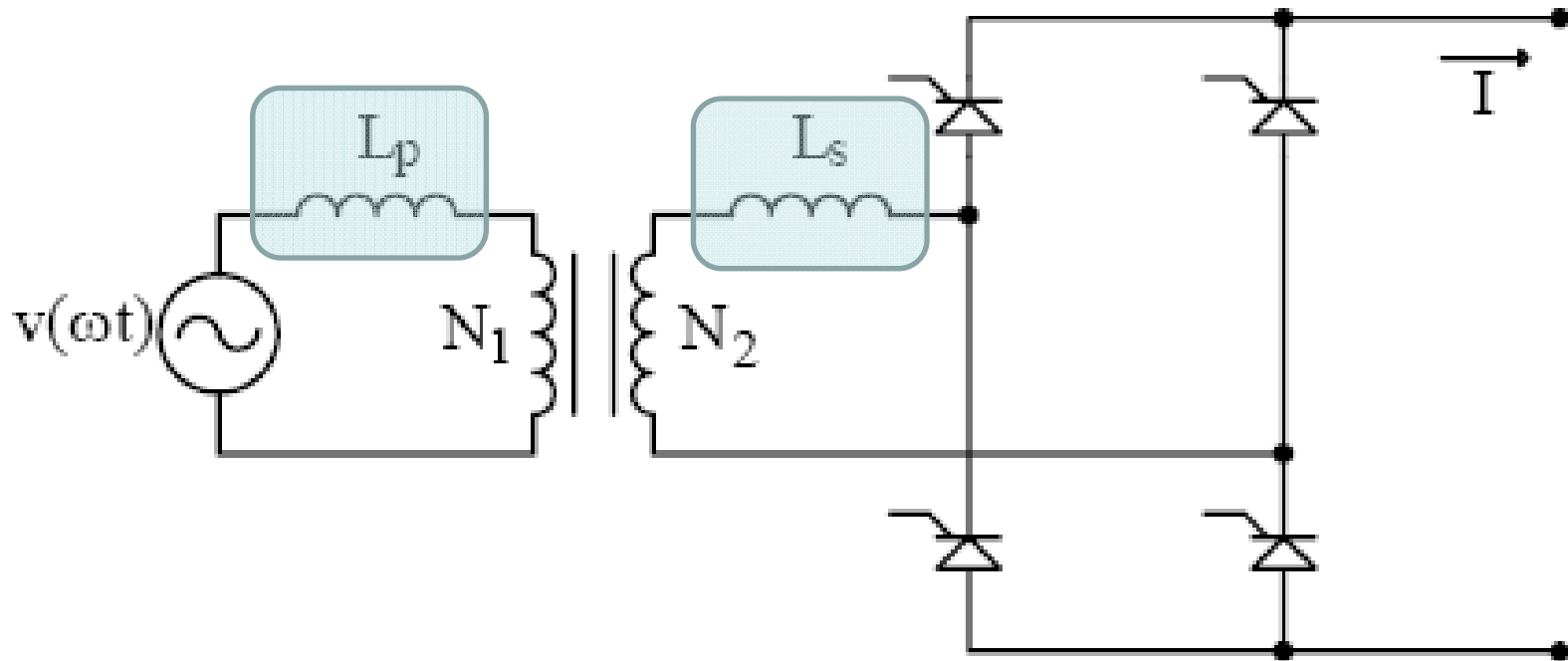
Estudo da comutação

Queda na tensão de saída:



Estudo da comutação

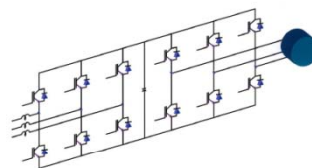
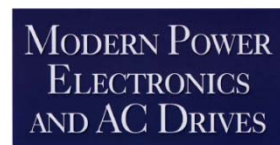
Influência do transformador:



Próxima aula

Conversores CA-CC:

1. Filtros capacitivos para conversores CA-CC.



BIMAL K. BOSE