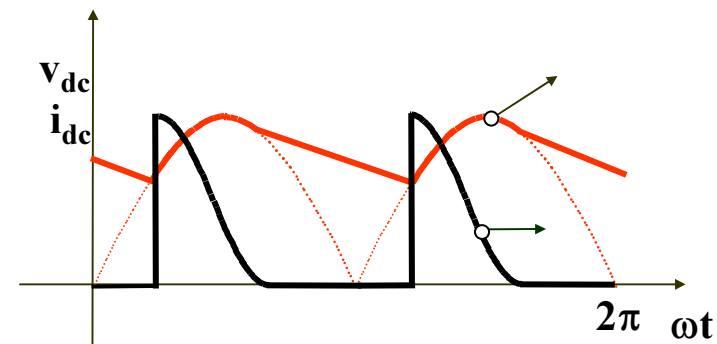
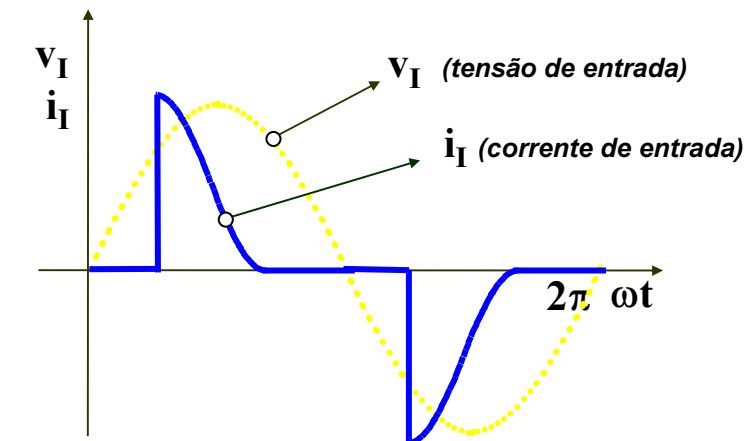
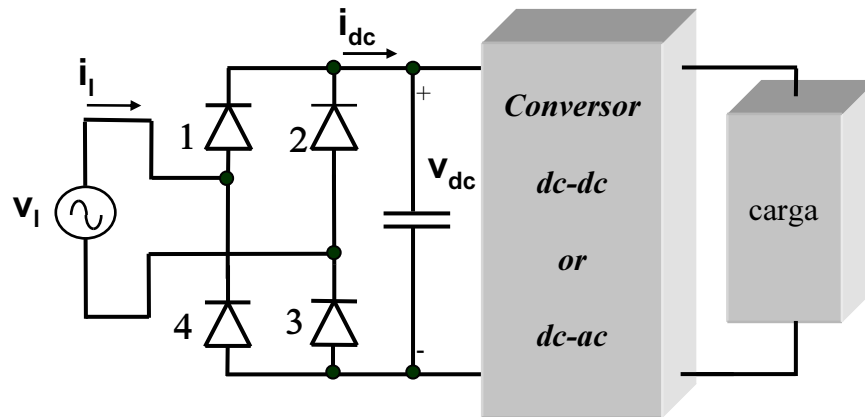
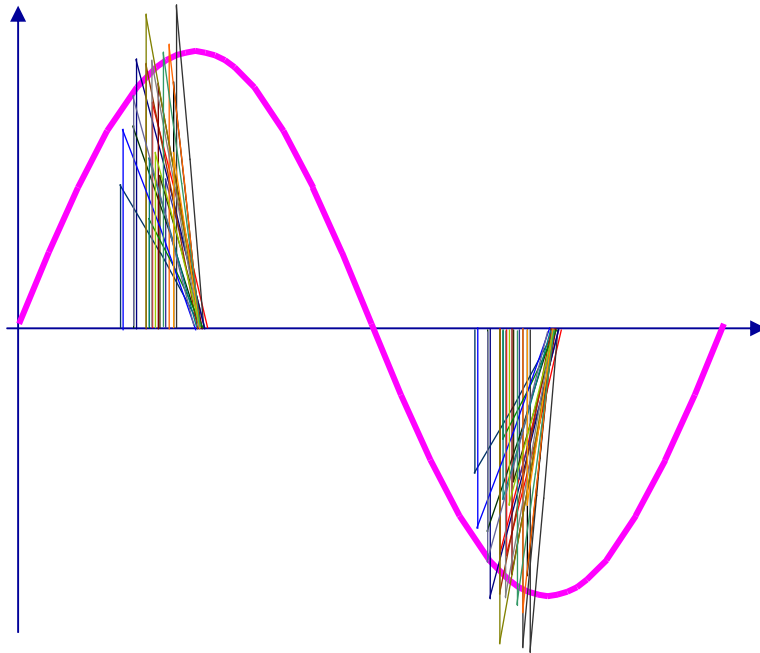


CORRECÇÃO DO FACTOR DE POTÊNCIA

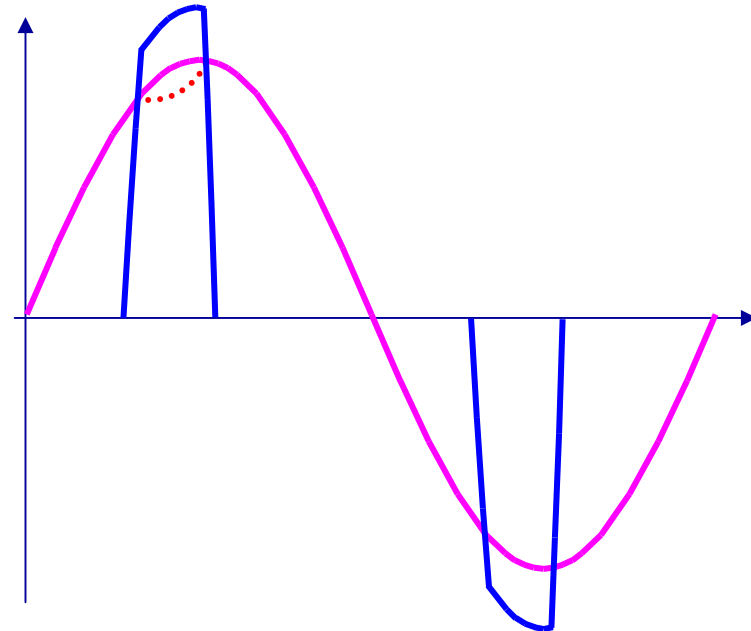


- Baixo Factor de Potência
- Alta distorção da corrente de entrada

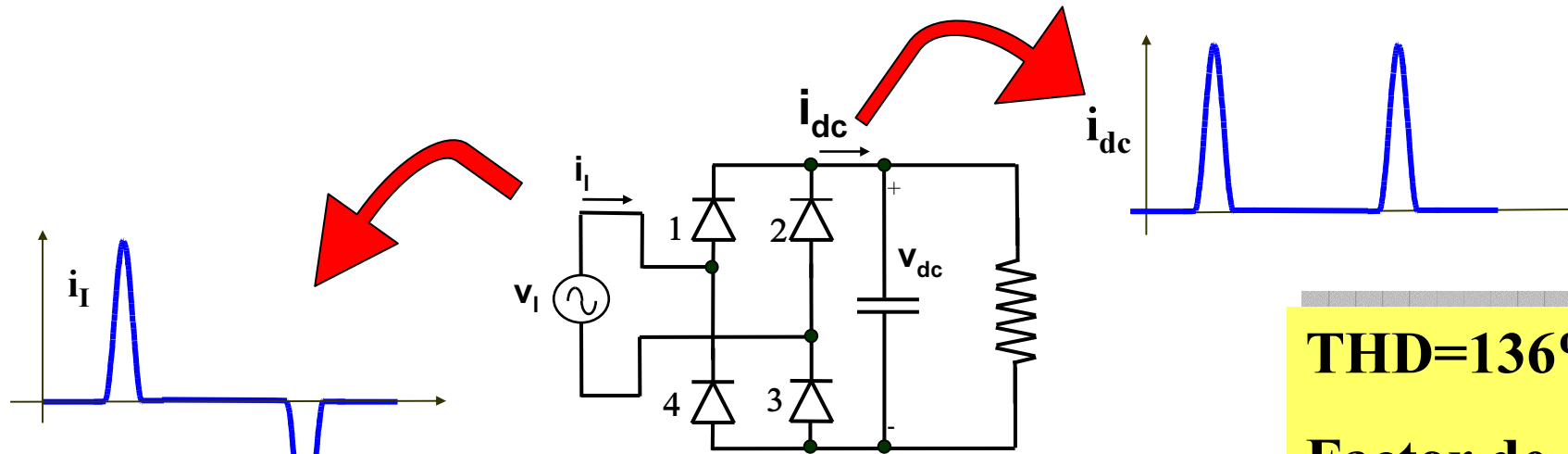
Soma Estatística das Correntes



Corrente e tensão na rede

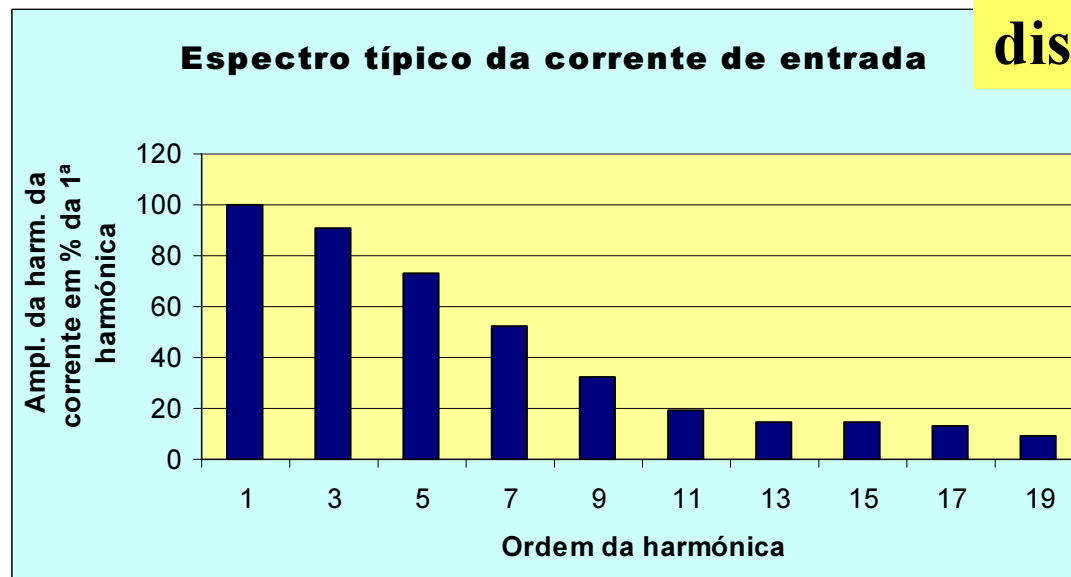


Rectificador com filtragem capacitiva convencional



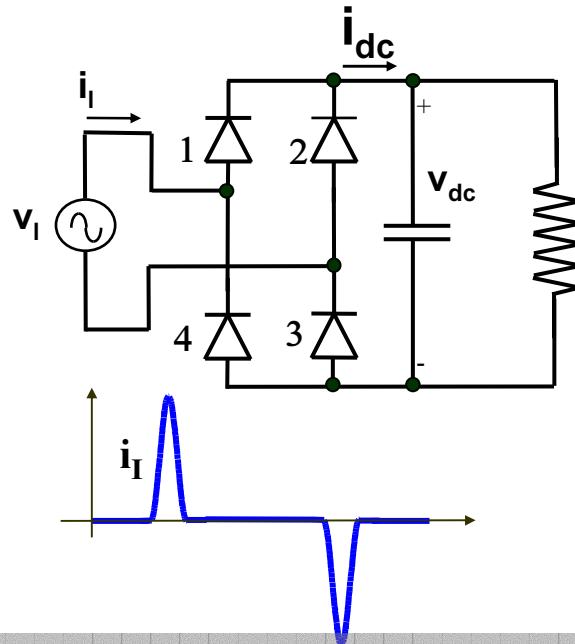
THD=136%

**Factor de
distorsão=59%**



$$\frac{1}{\sqrt{1+(THD)^2}}$$

Rectificador com filtragem capacitiva convencional



Tensão de entrada = 120V

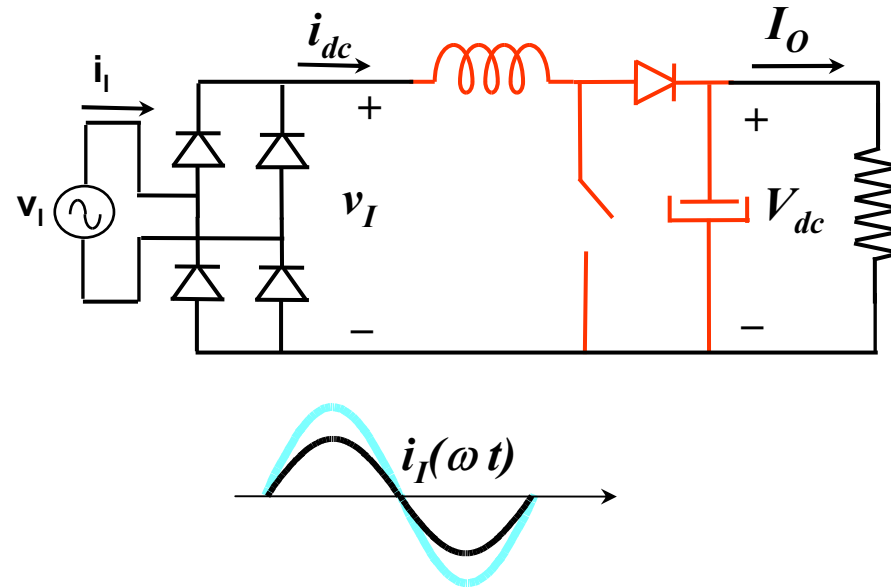
Corrente disjuntor = 80% de 15A

Factor de potência = .55

Rendimento = .98

Potência fornecida = **776W**

Rectificador com factor de potência unitário



Tensão de entrada = 120V

Corrente disjuntor = 80% de 15A

Factor de potência = .99

Rendimento = .93

Potência fornecida = **1325W**

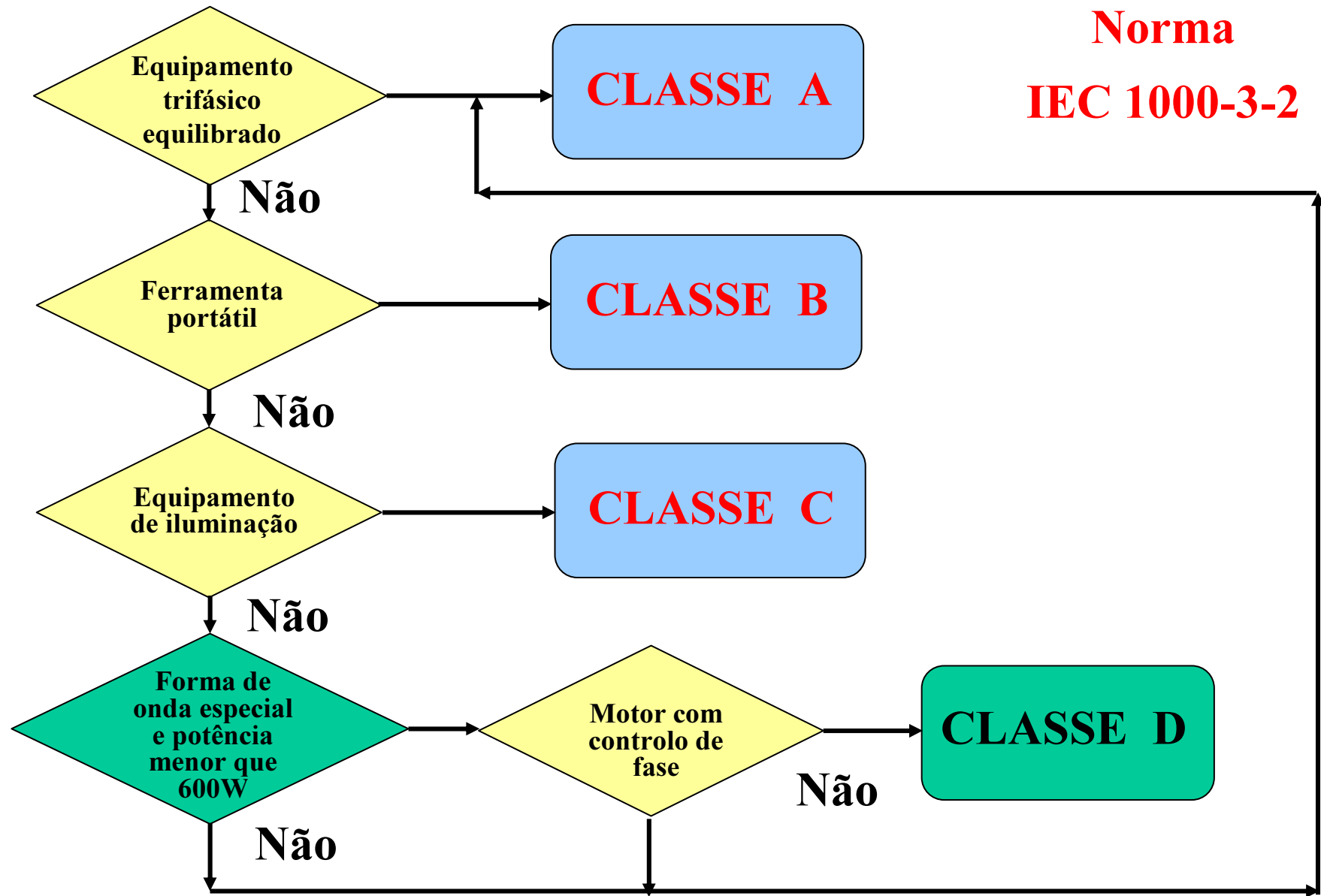
Baixo factor de potência e distorsão de baixa frequência



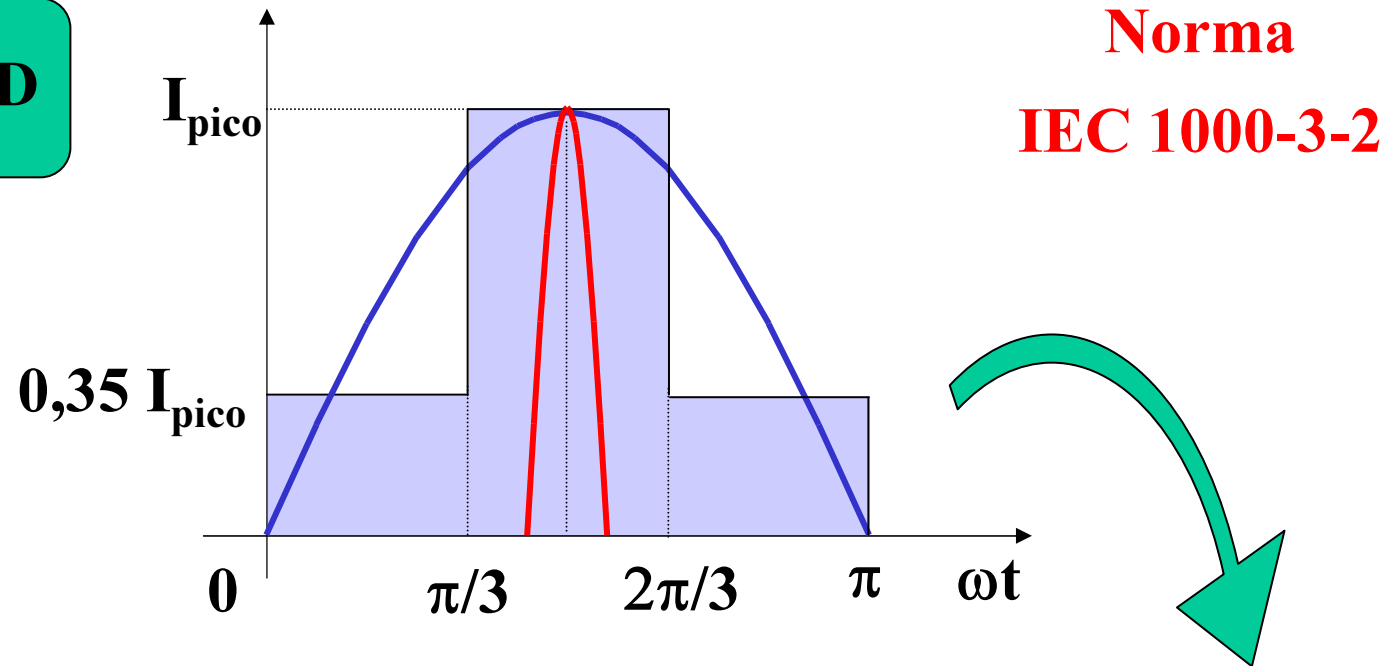
- A quantidade de potência que pode ser debitada pela rede de tensão alternada fica limitada
- interferência com o equipamento eléctrico (sobre-correntes e sobre-tensões dentro do conversor);
- interferência com outro equipamento eléctrico;
- Correntes de circulação no neutro elevadas.



CENELEC - normas



CLASSE D



Um equipamento é de classificado de **CLASSE D** se a corrente alternada de entrada couber dentro da área tracejada pelo menos 95% da duração de cada meio período.

A sinusoide a azul não é de um equipamento de classe D,

A corrente a **vermelho** (típica de um rectificador com filtro capacitivo) **é de classe D**.

Norma IEC 1000-3-2

Limites das harmónicas da corrente de entrada

n	Classe A (A rms)	Classe B (A rms)	Classe C (% fun.)	Classe D (mA/W)
3	2.3	3.45	30PF	3.4
5	1.14	1.71	10	1.9
7	0.77	1.155	7	1.0
9	0.4	.6	5	0.5
2	1.08	1.62	2	-
4	0.43	0.645	-	-
6	0.30	0.45	-	-
8<n<40	1.84/n	2.76/n	-	-

CLASSE D

Para cumprir as normas é necessário:



- Corrigir o factor de potência
- Diminuir a distorsão de baixa frequência da corrente de entrada



**SOLUÇÕES
PASSIVAS**



**SOLUÇÕES
ACTIVAS**

SOLUÇÕES PASSIVAS

- robustas
- económicas
- Baixa potência
- sem pre-regulação
- elevadas dimensões e peso
- Problemas de arranque
- Qualidade média da corrente de entrada

SOLUÇÕES ACTIVAS

- menos robustas
- menos económicas
- Baixa e alta potência
- sem pre-regulação
- pequenas dimensões e peso
- Sem Problemas de arranque
- Boa qualidade da corrente de entrada

Corrente de entrada Sinusoidal

- **operação ideal**
- **compatibilidade universal**
- **potência elevada**
- **pouco económica**
- **inútil a 50 Hz se for passiva**
- **baixo rendimento**

Corrente de entrada não Sinusoidal

- **Mais económico**
- **Rendimento mais elevado**
- **passiva ou activa**
- **Compatibilidade dependente das normas**
- **Baixa potência**

Rectificador ideal

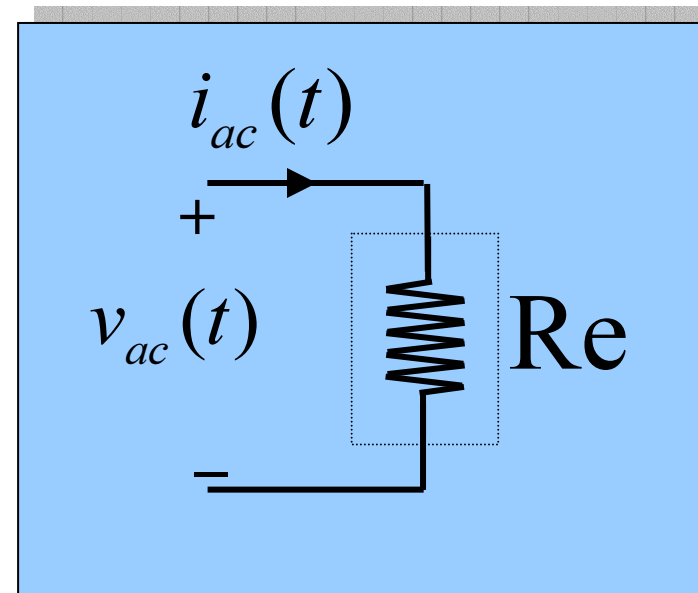
É desejável que o rectificador seja visto como uma carga resistiva aos terminais da rede de tensão alternada

Factor de potência unitário

A corrente de entrada com a mesma forma da tensão

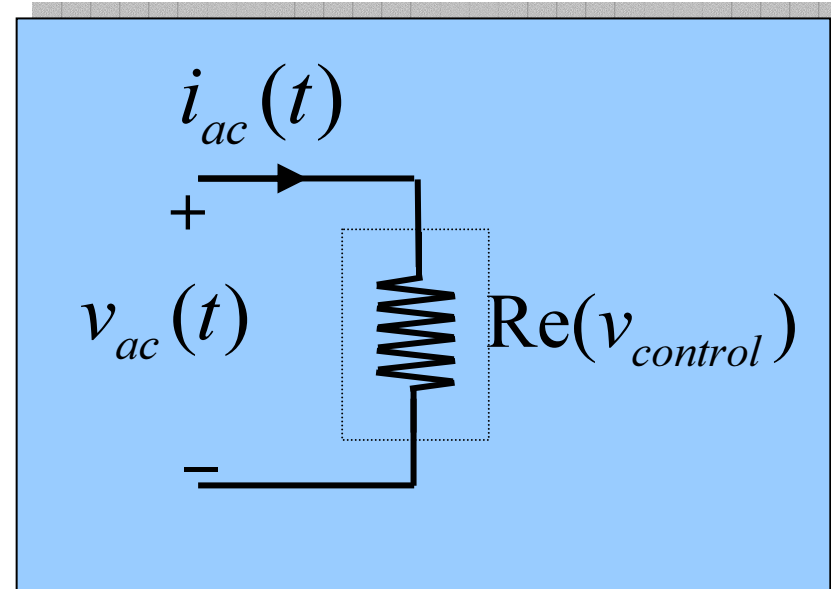
$$i_{ac}(t) = \frac{v_{ac}(t)}{R_e}$$

Emulador de
resistência



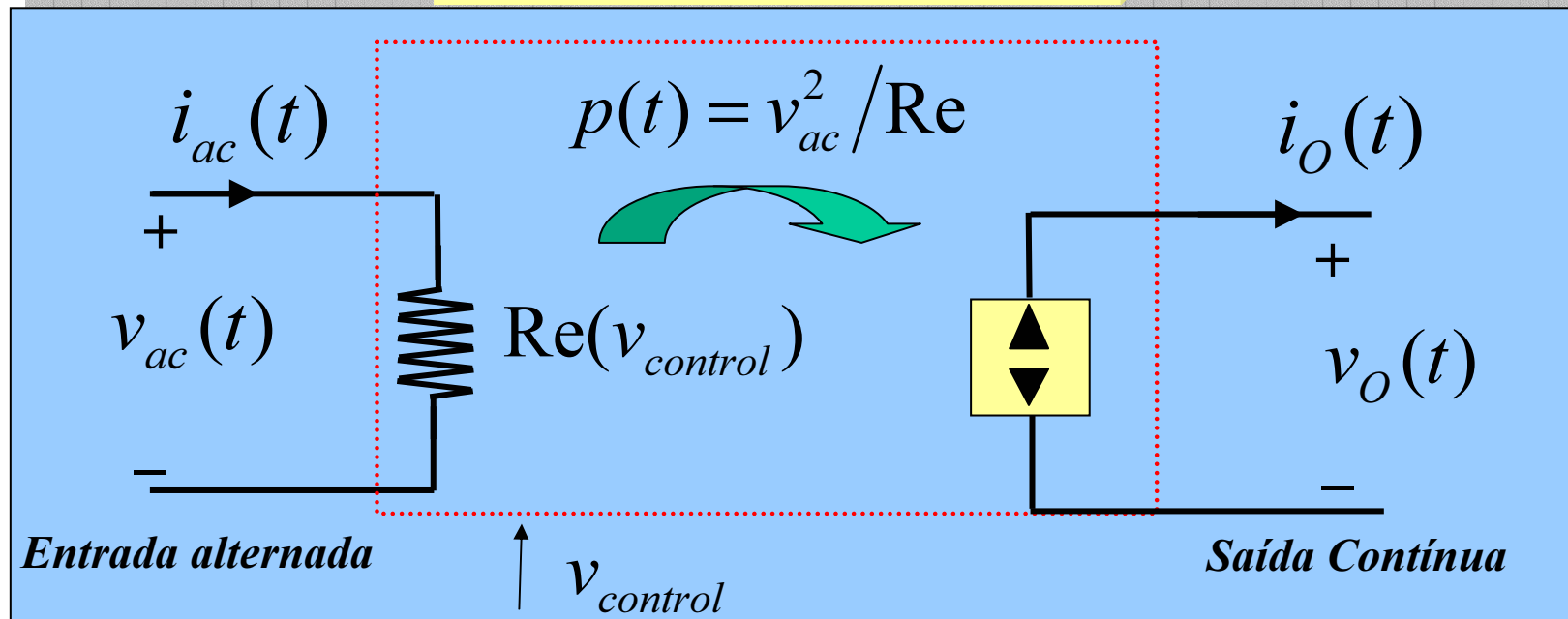
Controlo de Potência no Rectificador Ideal

$$P_{média}(t) = \frac{V_{ac,EF}^2}{\text{Re}(v_{control})}$$



A potência aparentemente “consumida” pelo Re é transferida para os terminais CC de saída. Para controlar a potência de saída é necessário ajustar o valor de Re

Rectificador Ideal



$$p(t) = \frac{v_{ac}^2}{Re(v_{control}(t))}$$

$$v(t)i(t) = p(t) = \frac{v_{ac}^2(t)}{Re}$$

O Rectificador ideal não tem perdas e não armazena energia internamente. Assim a potência instantânea de entrada iguala a potência instantânea de saída. Como a potência instantânea é independente das características da carga (CC), o andar de saída comporta-se como uma fonte de potência.

Equações do Rectificador Ideal

$$i_{ac}(t) = \frac{v_{ac}(t)}{\operatorname{Re}(v_{control}(t))}$$

$$v_o(t)i_o(t) = p(t)$$

$$p(t) = \frac{v_{ac}^2}{\operatorname{Re}(v_{control}(t))}$$

Quando ligado a uma carga resistiva R , os valores eficazes das tensões e correntes estão relacionados da seguinte forma

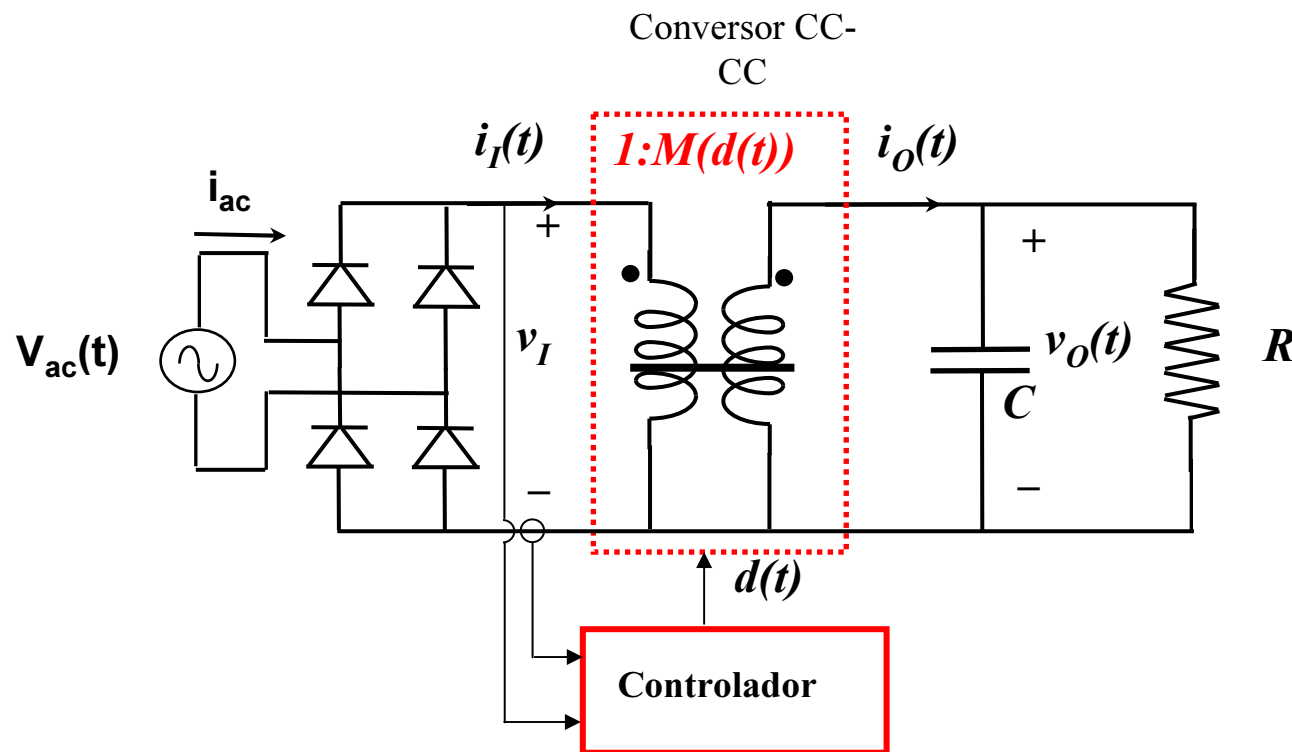


$$\frac{V_{Oef}}{V_{ac,ef}} = \sqrt{\frac{R}{\operatorname{Re}}}$$

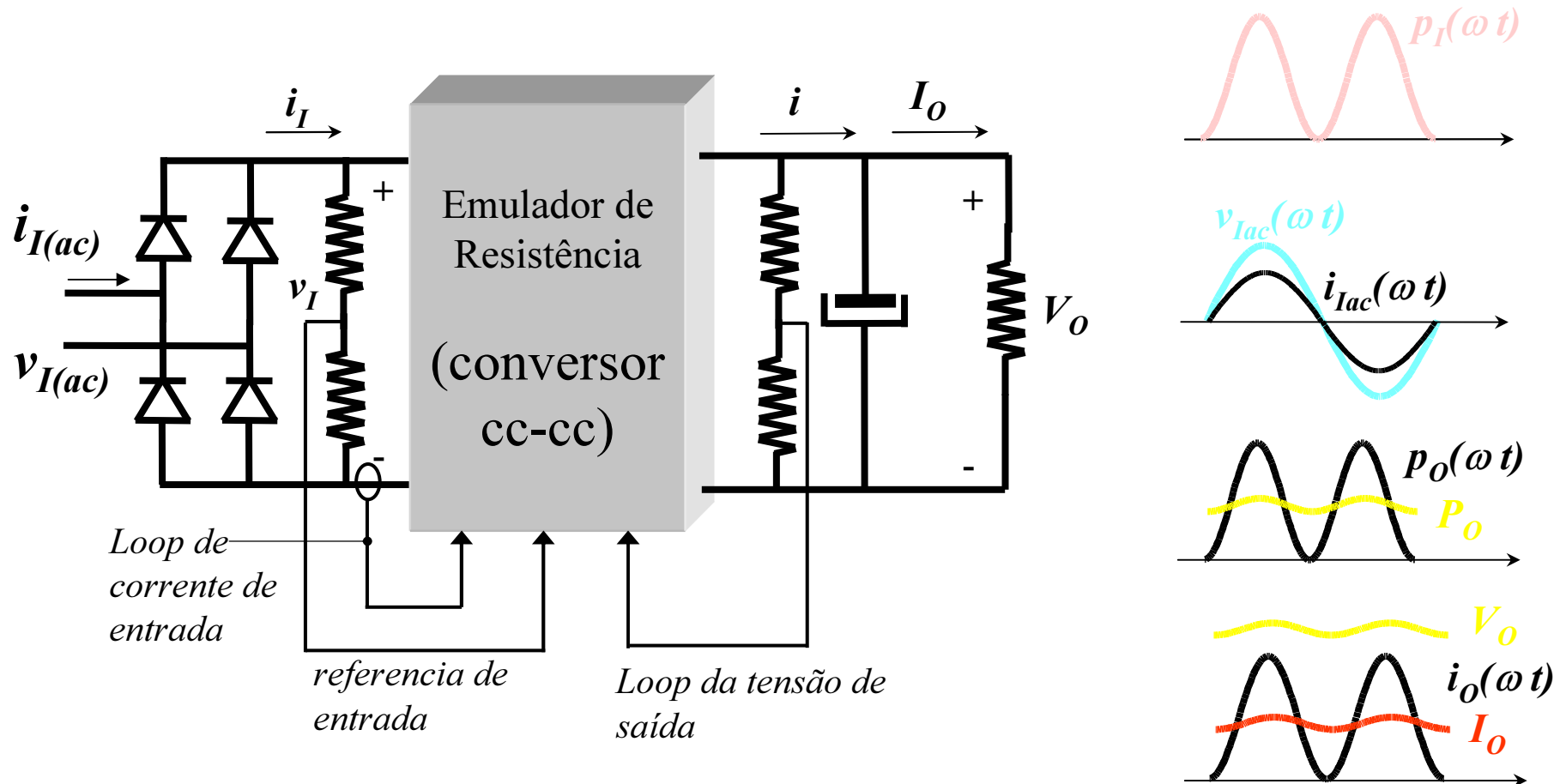
$$\frac{I_{ac,ef}}{I_{Oef}} = \sqrt{\frac{R}{\operatorname{Re}}}$$

Realização de um Rectificador Ideal

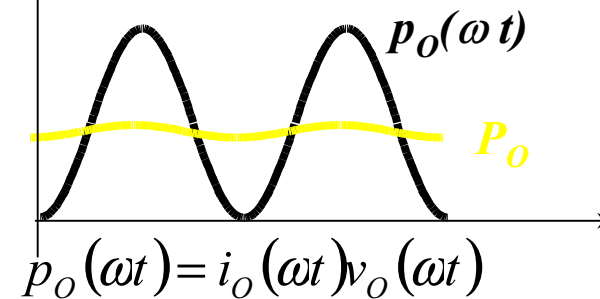
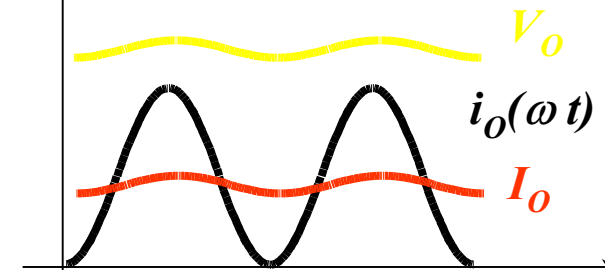
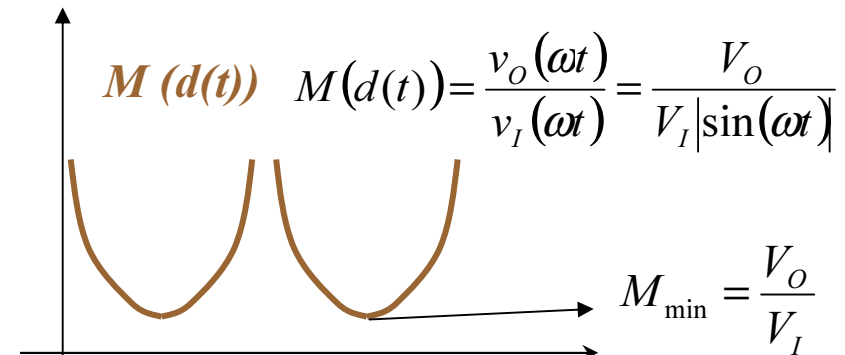
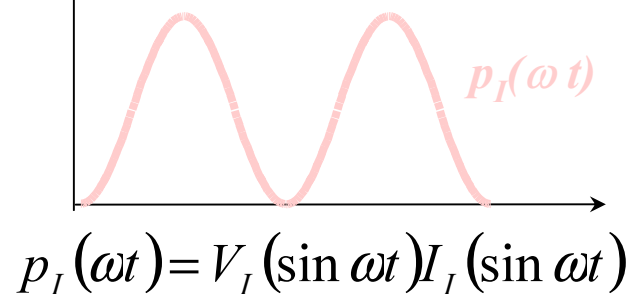
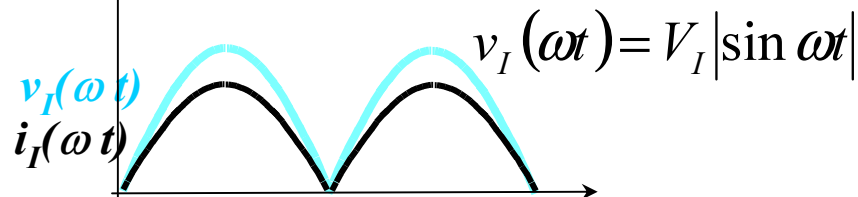
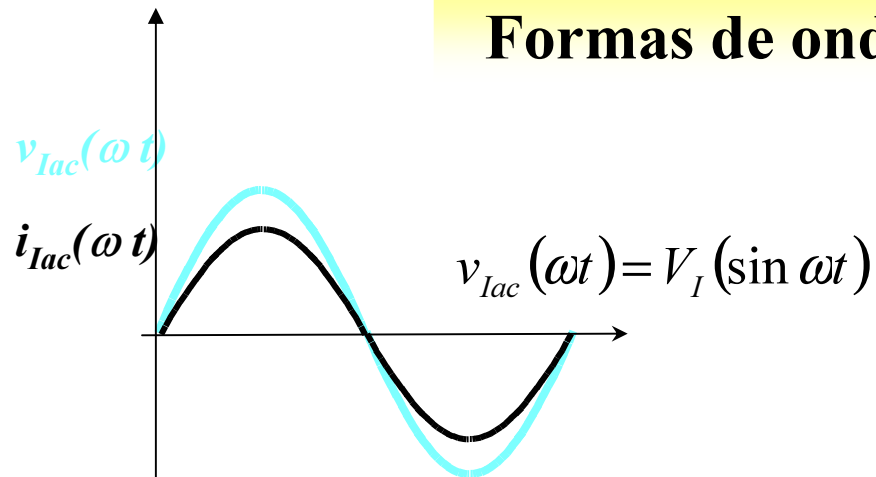
OBJECTIVO: Controlar o factor de ciclo de um conversor CC-CC, por forma que a corrente de entrada seja proporcional à tensão de entrada

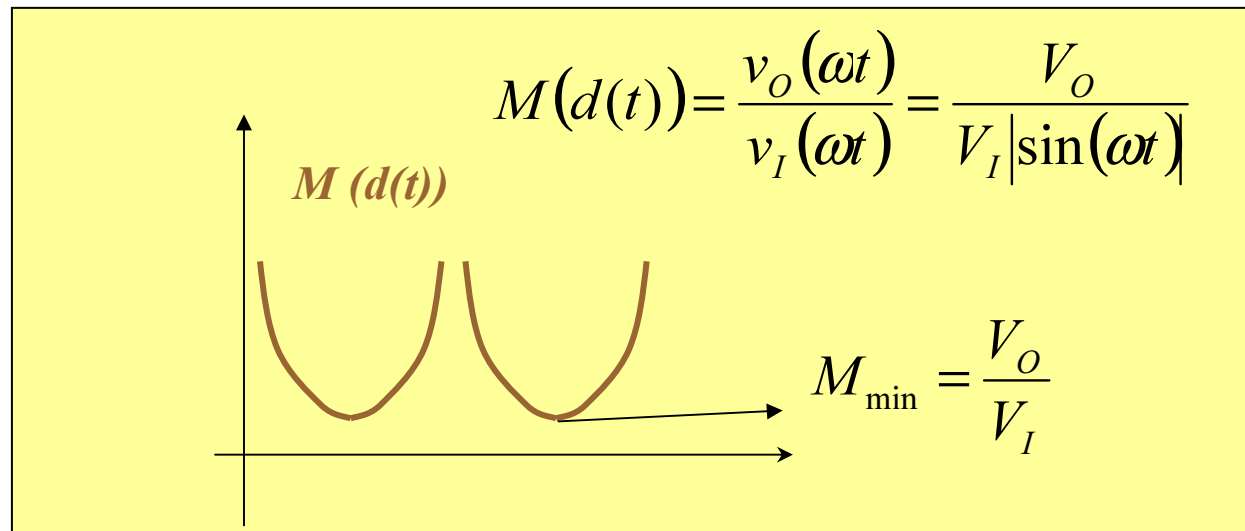


Emulador de Resistência



Formas de onda



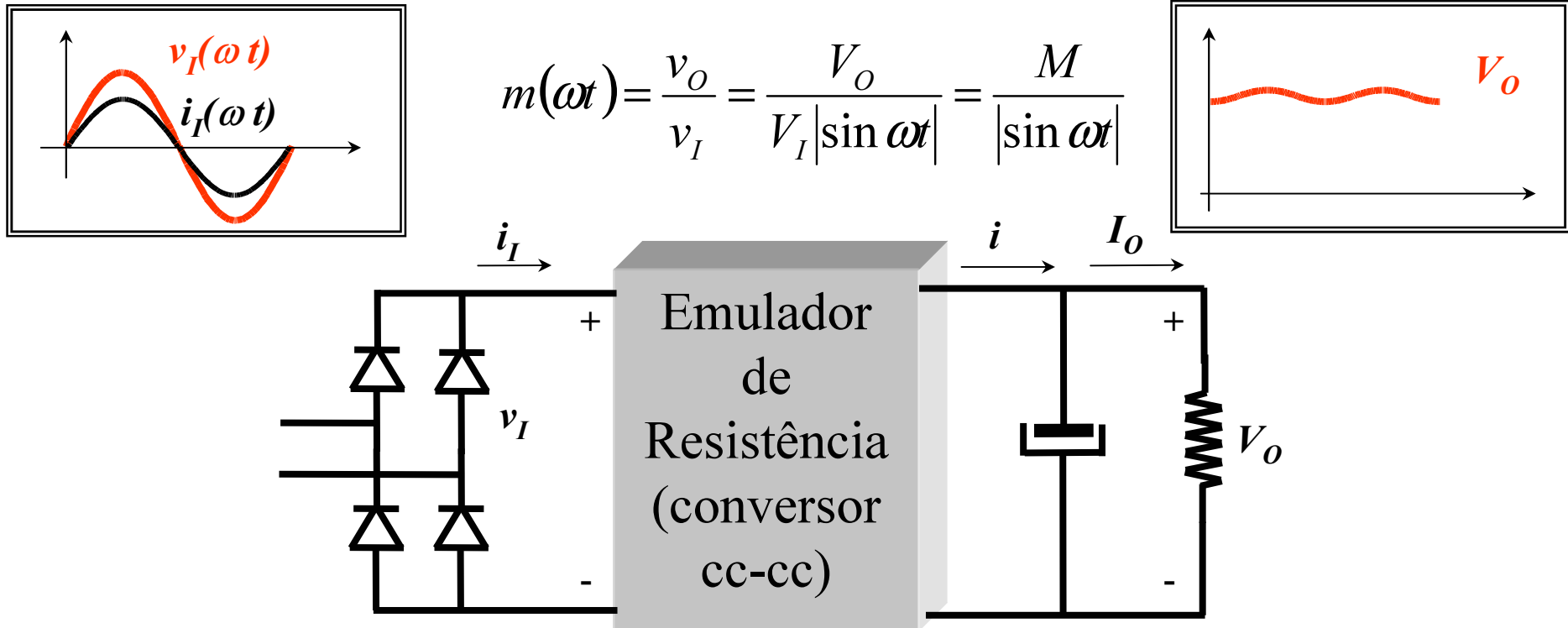


Para evitar distorção na vizinhança da passagem por zero da tensão de entrada, o conversor deverá ser capaz de produzir $M \approx \infty$

A expressão de M de t despreza a dinâmica do conversor

Conversores **boost** e buck-boost podem ser utilizados

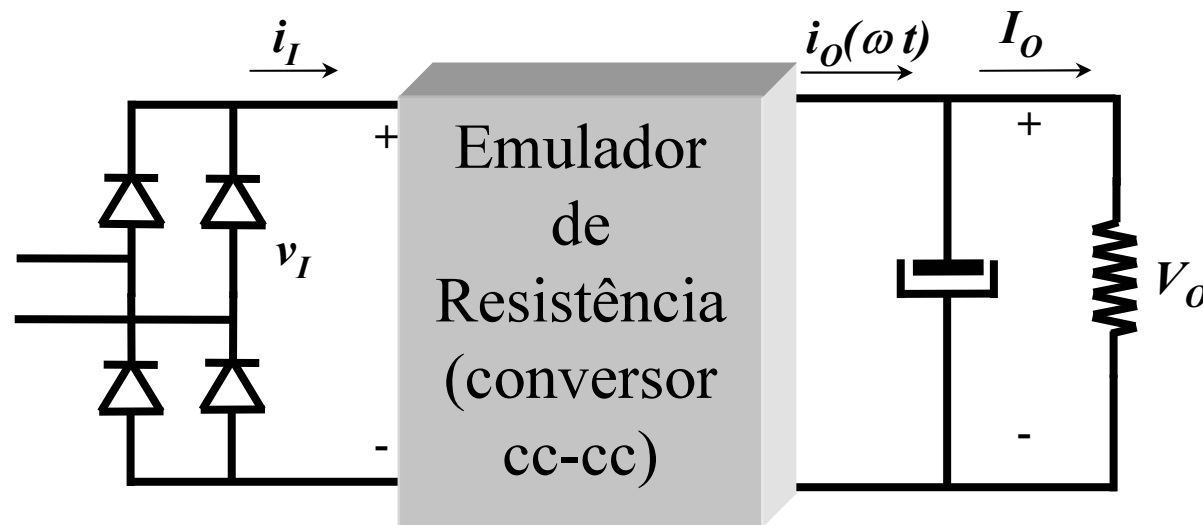
Propriedades do emulador de resistência:



A relação de conversão $m(\omega t)$ varia de V_O/V_I a infinito

Propriedades do emulador de resistência:

$$r(\omega t) = \frac{v_o}{i_o(\omega t)} = \frac{R}{2 \sin^2 \omega t}$$



A resistência de carga vista pelo conversor $r(\omega t)$, varia de $R/2$ a infinito

Consequências propriedades do ER :

- 1. A relação de conversão $m(\omega t)$ varia de V_O/V_I a infinito**

$$m(\omega t) = \frac{v_o}{v_I} = \frac{V_o}{V_I |\sin \omega t|} = \frac{M}{|\sin \omega t|}$$

Um conversor redutor não pode ser usado como ER porque a sua relação de conversão varia de 0 a 1.

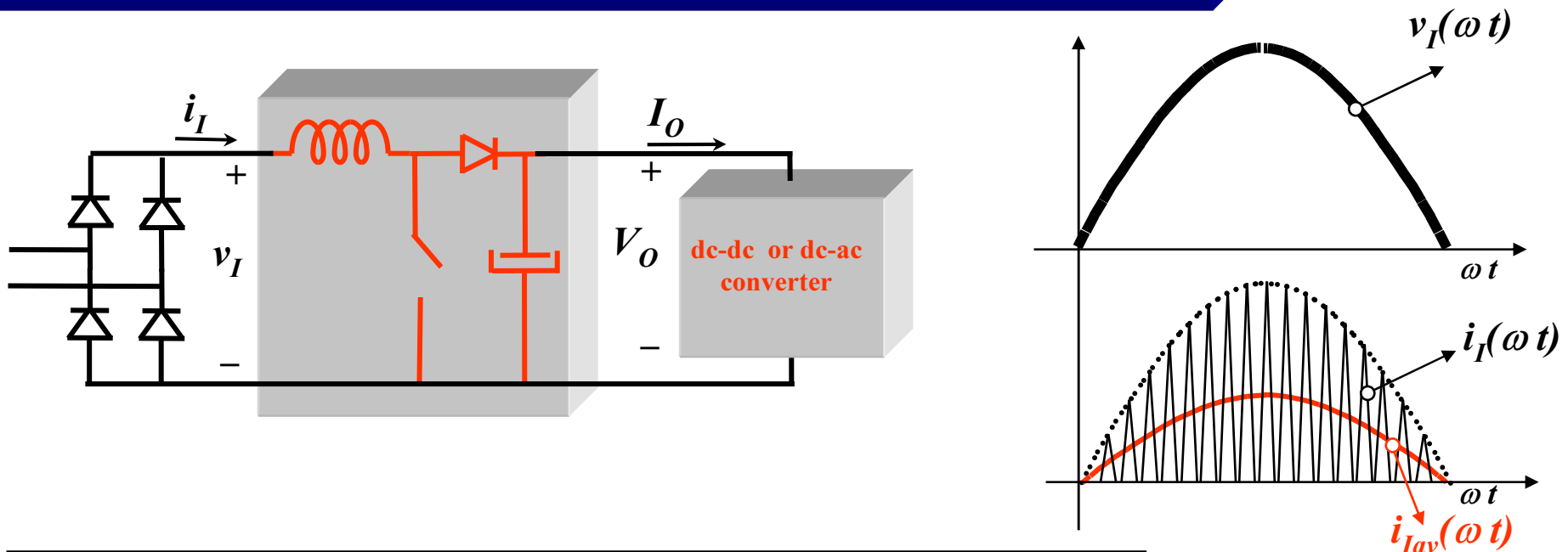
Um conversor resonante série não pode ser usado como ER porque a sua relação tensão frequência varia de 0 to 1.

- 2. A resistência de carga vista pelo conversor $r(\omega t)$, varia de $R/2$ a infinito**

$$r(\omega t) = \frac{v_o}{i_o(\omega t)} = \frac{R}{2 \sin^2 \omega t}$$

ZVS - não pode ser usado como ER porque não pode ser usado em vazio.

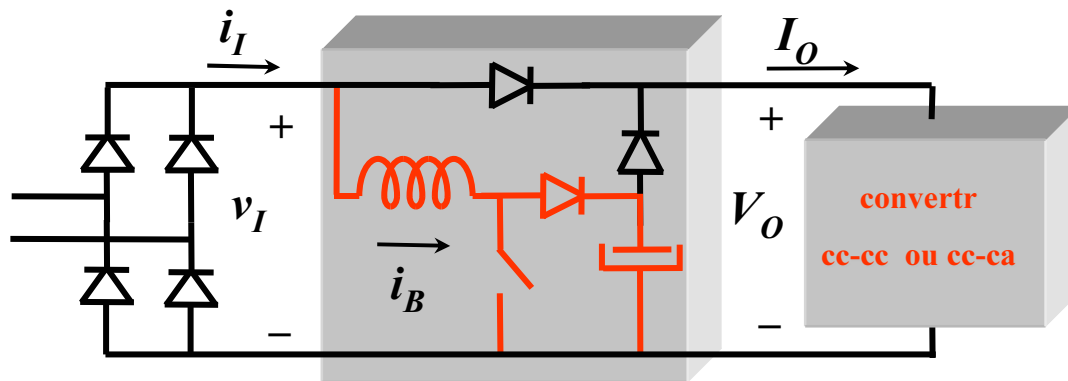
CFPs baseados no conversor “Boost”



- O conversor “boost” processa **100%** da potência de saída
- O conversor “boost” é projectado para a potência de pico que é o dobro da potência de **saída**

Rendimento baixo
Custo elevado

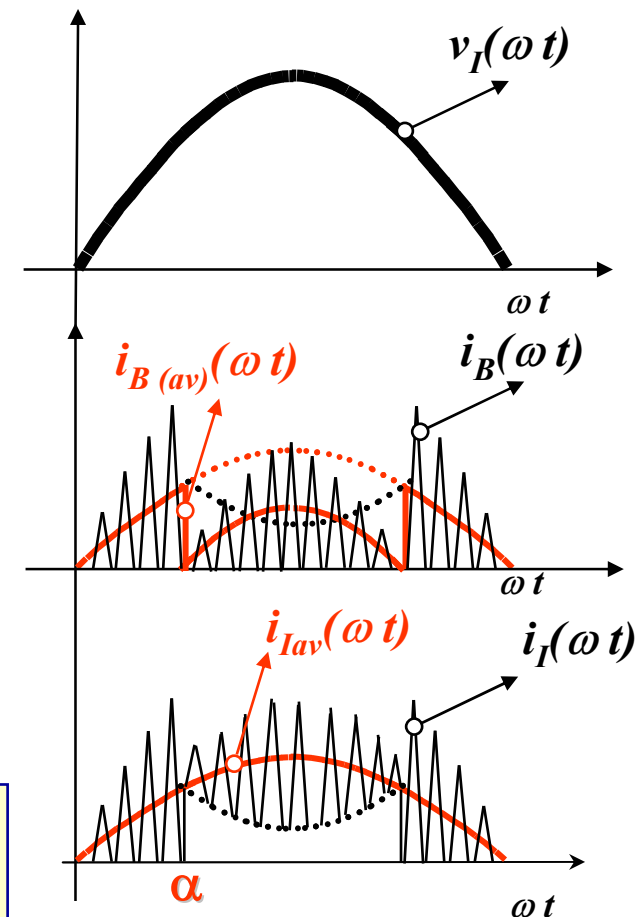
CFPs baseados no conversor “Boost”

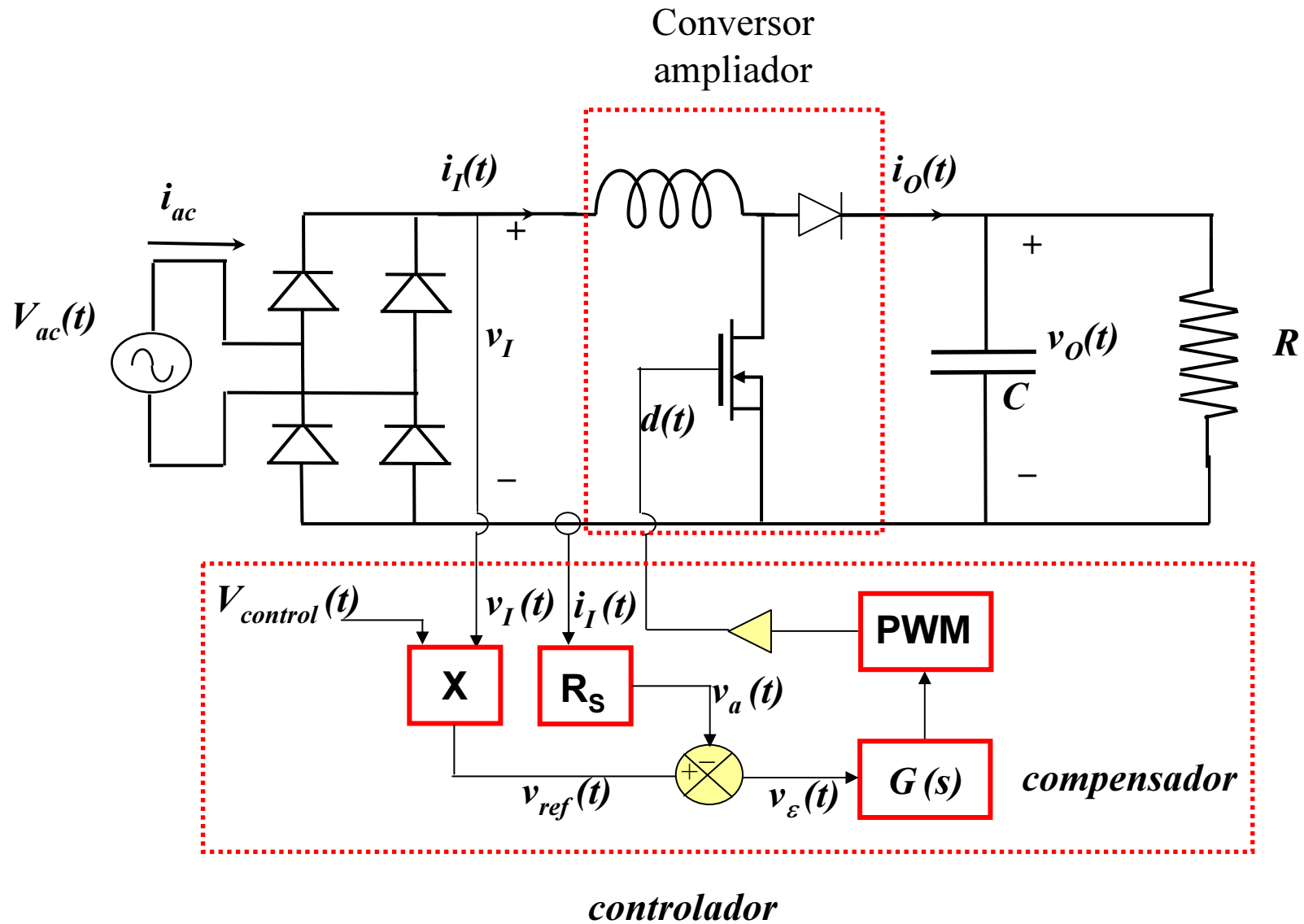


- O conversor “boost” processa mais do que **50%** da potência de saída
- O conversor “boost” pode ser projectado para a potência de pico que é o igual à potência de **saída**

$$\alpha = \pi/4$$

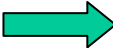
Melhor Rendimento
Baixo custo

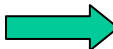




Variação do factor de ciclo no rectificador com compensação por conversor amplificador

$$M(d(t)) = \frac{v_o(\omega t)}{v_I(\omega t)} = \frac{V_o}{V_I |\sin(\omega t)|} \quad M \geq 1 \Rightarrow V_o \geq V_I$$

No MCC a relação de conversão é  $M(d(t)) = \frac{1}{1-d(t)}$

No MCC o factor de ciclo é dado por  $d(t) = 1 - \frac{v_I(t)}{V_o}$

“Ripple” da corrente na bobina

$$\Delta i_I(t) = \frac{v_I(t)d(t)T_s}{2L}$$

Componente média da forma de onda da corrente na bobina

$$\langle i_I(t) \rangle_{T_s} = \frac{v_I(t)}{R_e}$$

O conversor opera no MCC quando

$$\langle i_I(t) \rangle_{T_s} > \Delta i_I(t) \Rightarrow d(t) < \frac{2L}{R_e T_s}$$

Considerando a expressão da variação do factor de ciclo $d(t) = 1 - \frac{v_I(t)}{V_o}$

e substituindo $d(t)$ pelo seu valor

na expressão anterior obtêm-se:

$$R_e < \frac{2L}{T_s \left(1 - \frac{v_I(t)}{V_o} \right)}$$

No MCC

$$\text{Re} < \frac{2L}{T_s \left(1 - \frac{v_I(t)}{V_o} \right)}$$

$v_I(t)$ varia com o tempo entre 0 e V_I . Esta equação poderá ser satisfeita para alguns pontos e não o ser para outros.

O conversor opera sempre no MCC se se verificar :

$$\text{Re} < \frac{2L}{T_s}$$

O conversor opera sempre no MCD se se verificar :

$$\text{Re} > \frac{2L}{T_s \left(1 - \frac{V_I}{V_o} \right)}$$

Para Re entre estes limites o conversor opera no MCD quando $v_I(t)$ está próximo de zero, e no MCC quando $v_I(t)$ se aproxima de V_I .