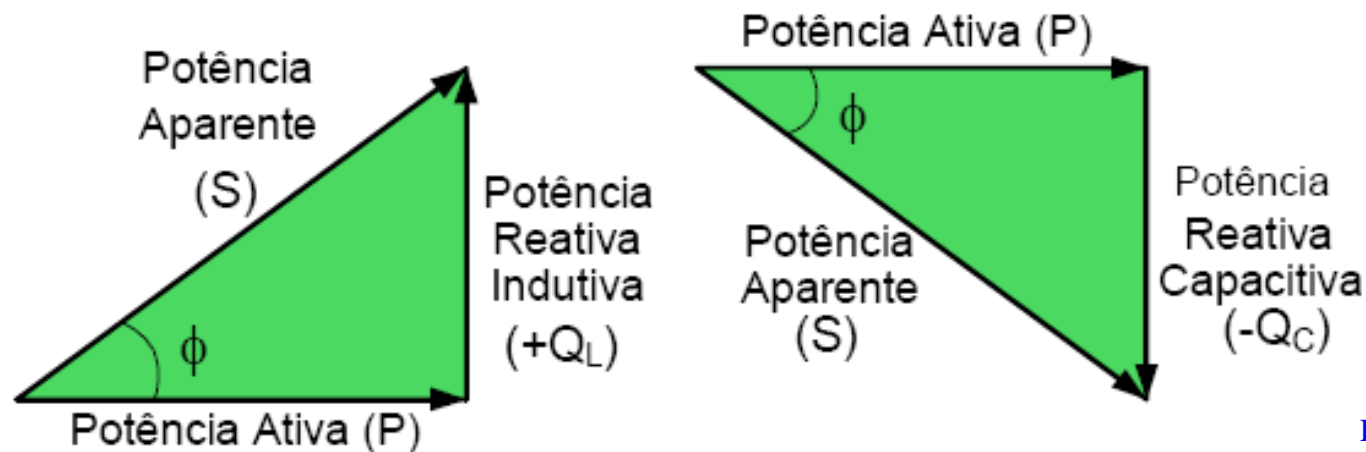


Resumo das relações de potências

Potência Ativa no Resistor R	Potência Reativa no Capacitor C	Potência Reativa no Indutor L	Potência numa Impedância Mista Z
$P_R = V_{efR} \cdot I_{efR}$ $P_R = R \cdot I_{efR}^2$ $P_R = \frac{V_{efR}^2}{R}$	$Q_C = V_{efC} \cdot I_{efC}$ $Q_C = X_C \cdot I_{efC}^2$ $Q_C = \frac{V_{efC}^2}{X_C}$	$Q_L = V_{efL} \cdot I_{efL}$ $Q_L = X_L \cdot I_{efL}^2$ $Q_L = \frac{V_{efL}^2}{X_L}$	$P_Z = S \cdot \cos \phi$ $Q_Z = S \cdot \text{sen} \phi$ $S = V_{ef} \cdot I_{ef}$ $\dot{S} = S \angle \phi = P + jQ$ $\dot{S} = \dot{V} \cdot \dot{I}^*$



Conceito de fator de potência

Fator de potência:

- Relação entre a potência ativa (P) e a potência aparente (S).

$$FP = \frac{P}{S} \quad P = S \cdot \cos \phi \quad FP = \cos \phi = \left(\frac{P}{S} \right)$$

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{\frac{1}{T} \int v_i(t) \cdot i_i(t) \cdot dt}{V_{RMS} \cdot I_{RMS}}$$

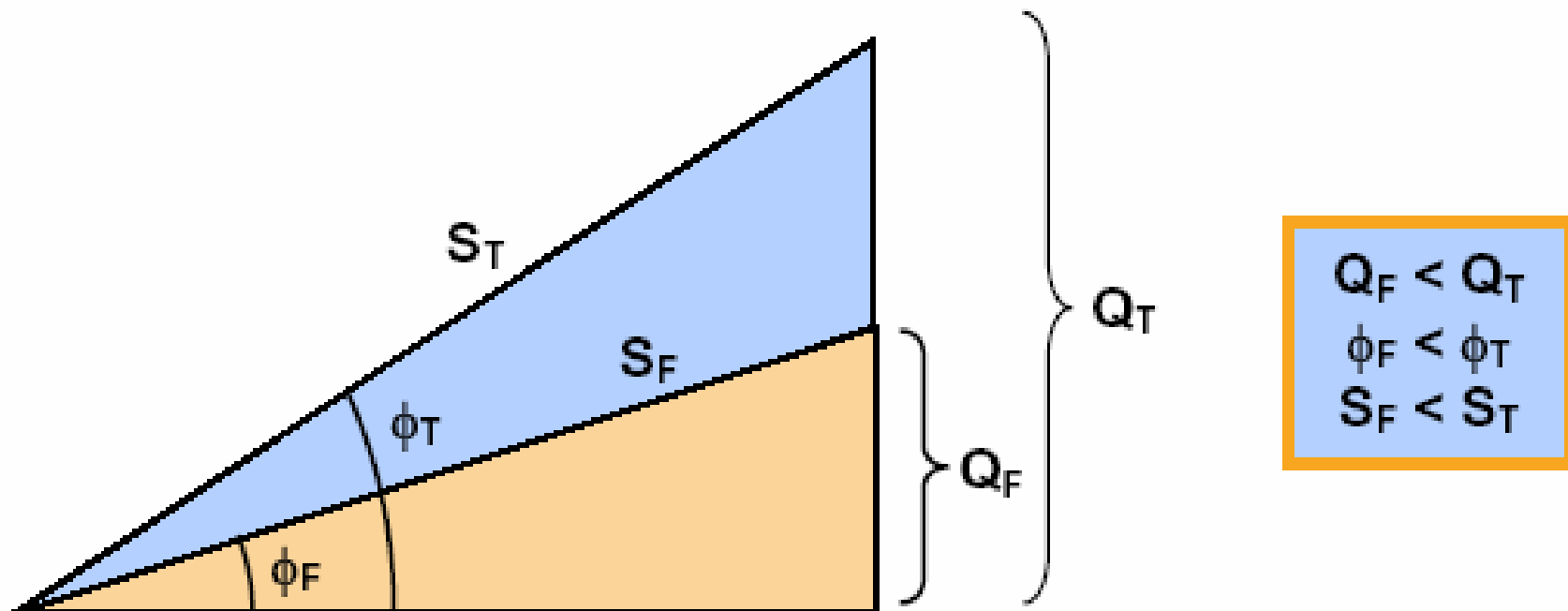
Conceito de fator de potência

- O fator $\cos\phi$ é, conhecido como **fator de deslocamento**, e somente é igual ao Fator de Potência quando o sinal é **puramente senoidal**.
- O fator de potência pode ser determinado diretamente da fase (ϕ) da Impedância Equivalente;
- O fator de potência não-unitário deve ser indicado como indutivo (em atraso) ou capacitivo (em avanço).
- O fator de potência é uma medida do aproveitamento da energia fornecida pela fonte à carga:
 - carga puramente resistiva ($\phi = 0^\circ$) $\Rightarrow \cos\phi = 1$ (FP = 1)
 - carga puramente indutiva ($\phi = +90^\circ$) $\Rightarrow \cos\phi = 0$ (FP = 0)
 - carga puramente capacitiva ($\phi = -90^\circ$) $\Rightarrow \cos\phi = 0$ (FP = 0)
 - carga mista ($-90^\circ < \phi < +90^\circ$) $\Rightarrow 0 < \phi < 1$ ($0 < \text{FP} < 1$)

Correção de fator de potência

Correção de fator de potência:

- Introduzir elementos no circuito para tornar o fator de potência o mais próximo possível de 1.



Correção de fator de potência

Exemplo:

- Um motor elétrico de 10 CV de potência mecânica, cujo fator de potência é de 0,75 apresenta um rendimento de 90% e é alimentado a partir da rede de 220 Vef. Determine:
 - a) O triângulo de potência para este motor;
 - b) O capacitor ideal que deve ser conectado em paralelo ao motor para corrigir o fator de potência para 0,92, segundo as normas brasileiras;
 - c) A variação no nível de corrente para o sistema não compensado e compensado.

Correção de fator de potência

Potência ativa do motor:

$$1\text{CV} = 736\text{W}$$

$$P_{\text{mec}} = 736 \cdot 10 = 7360\text{W}$$

$$\eta(\%) = \frac{P_{\text{mec}}}{P_{\text{eletrica}}} \cdot 100$$

$$P_{\text{eletrica}} = \frac{7360}{90} \cdot 100 = 8177,8\text{W}$$

Correção de fator de potência

Potência aparente e reativa do motor:

$$P = S \cdot \cos \phi$$

$$S = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{8177,8}{0,75} = 10903,7\text{VA}$$

$$\phi = \cos^{-1}(0,75) = 41,41^{\circ}$$

$$Q = S \cdot \sin \phi = 10903,7 \cdot \sin(41,41^{\circ}) = 7212,1\text{VAr}$$

Correção de fator de potência

Correção do fator de potência de 0,75 para 0,92:

$$\phi_F = \cos^{-1}(0,92) = 23,07^\circ$$

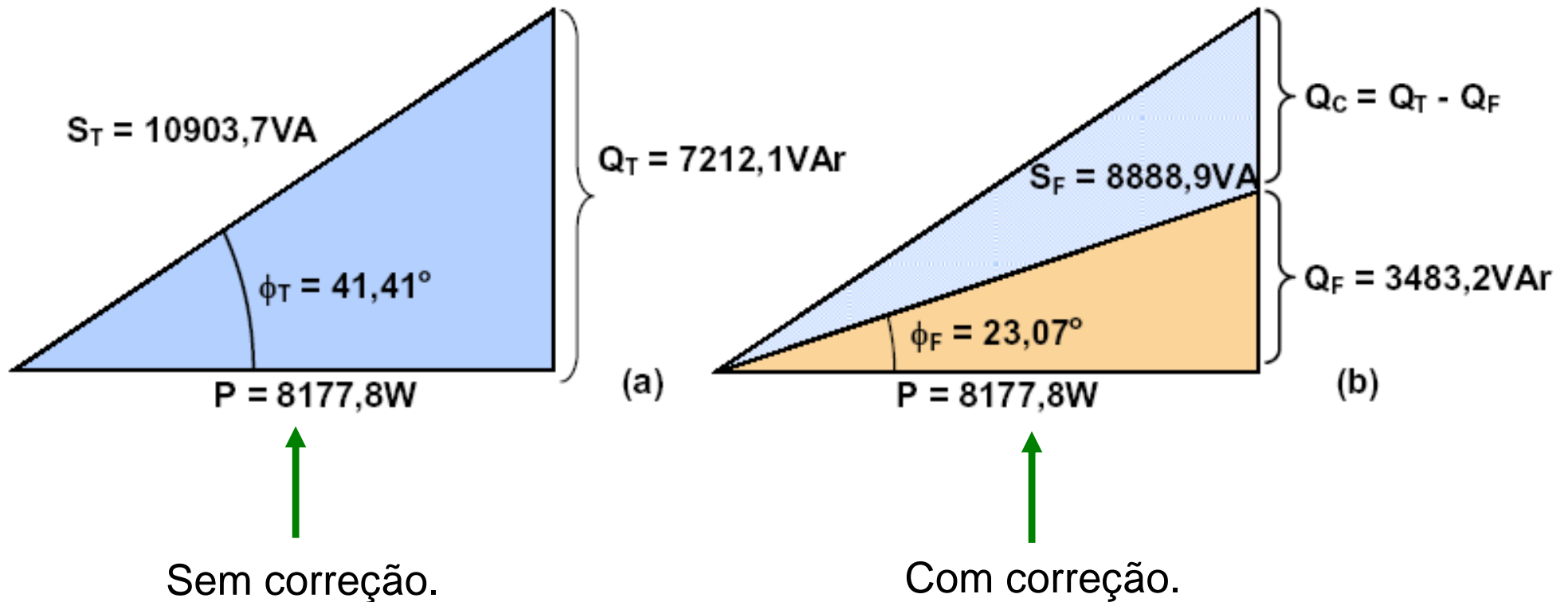
$$S_F = \frac{P_F}{\cos \phi_F} = \frac{8177,8}{0,92} = 8888,9VA$$

Potência ativa não muda.

$$Q_F = S_F \cdot \sin \phi_F = 8888,9 \cdot \sin(23,07^\circ) = 3483,2VAr$$

Correção de fator de potência

Triângulo das potências:



Correção de fator de potência

Escolha do capacitor:

$$Q_C = Q_T - Q_F = 7212,1 - 3483,2 = 3728,9 \text{ VAr}$$

$$Q_C = \frac{V_{\text{efC}}^2}{|X_C|} = \frac{V_{\text{efC}}^2}{\left| \frac{1}{\omega C} \right|} = V_{\text{efC}}^2 \cdot (\omega C) = V_{\text{efC}}^2 \cdot (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C)$$

$$C = \frac{Q_C}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot V_{\text{efC}}^2} = \frac{3728,9}{2 \cdot \pi \cdot 60 \cdot 220^2} = 204 \mu\text{F}$$

Correção de fator de potência

Corrente antes e depois da correção:

Antes da correção.

$$I_{\text{efT}} = \frac{S_T}{V_{\text{ef}}} = \frac{10903,7}{220} = 49,6\text{A}$$

Depois da correção.

$$I_{\text{efF}} = \frac{S_F}{V_{\text{ef}}} = \frac{8888,9}{220} = 40,4\text{A}$$

Formas de correção de fator de potência

Correção passiva de fator de potência:

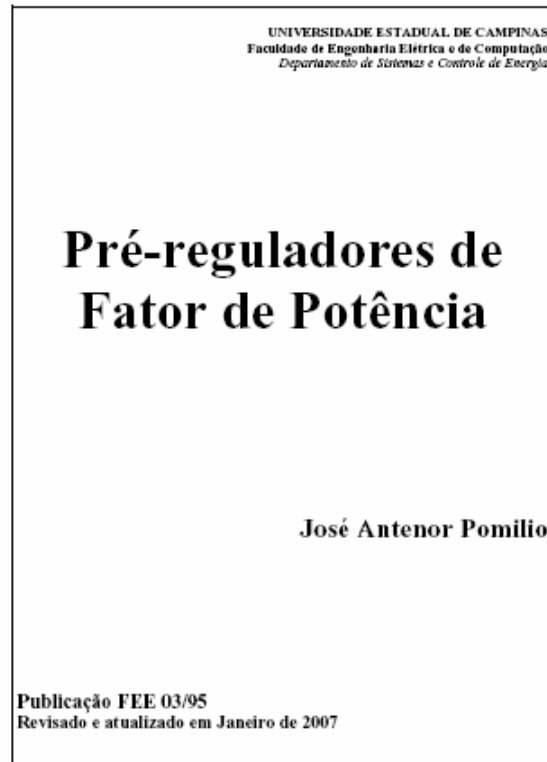
- Introduzir elementos passivos (resistores, capacitores, indutores) para aumentar o fator de potência;
- Se o fator de potência da carga mudar, o circuito compensador projetado se tornará ineficiente;
- Circuitos passivos são robustos, mas são volumosos e pesados.

Correção ativa de fator de potência:

- Introduzir elementos ativos (conversores) para aumentar o fator de potência;
- Se o fator de potência da carga mudar, o circuito compensador poderá se ajustar e continuar eficiente;
- Circuitos ativos são menos robustos, mas são mais leves e menos volumosos.

Correção passiva e ativa

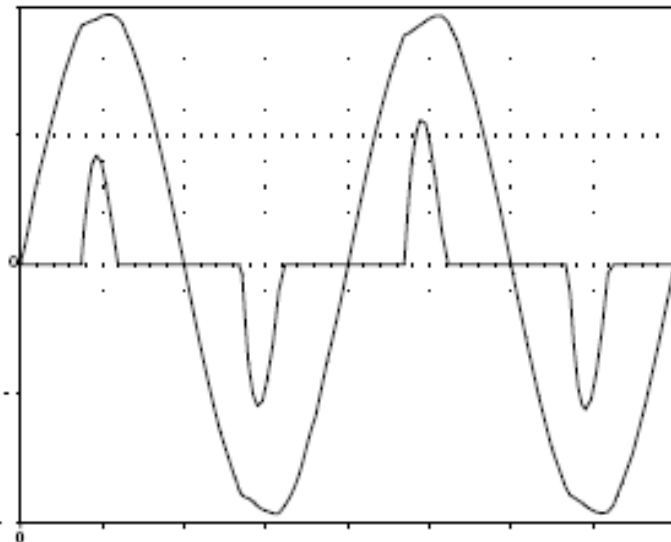
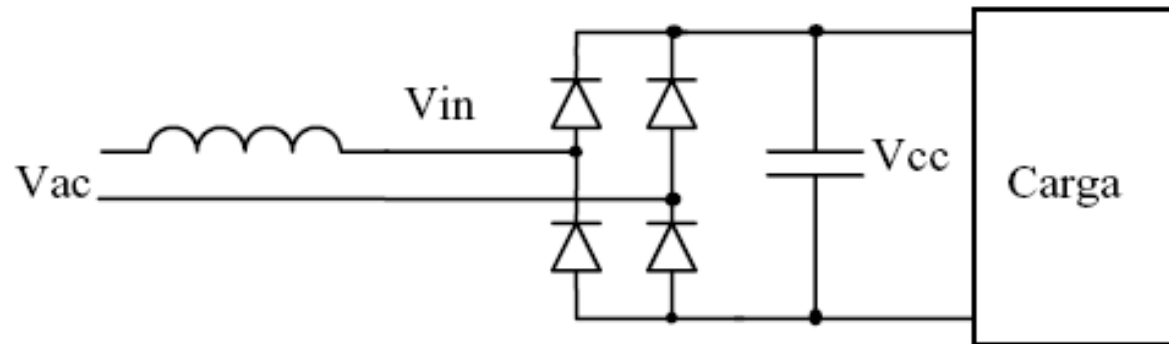
Material de apoio, disponível em:



<http://www.dsce.fee.unicamp.br/%7Eantenor/pfp.html>

Correção passiva e ativa, a necessidade

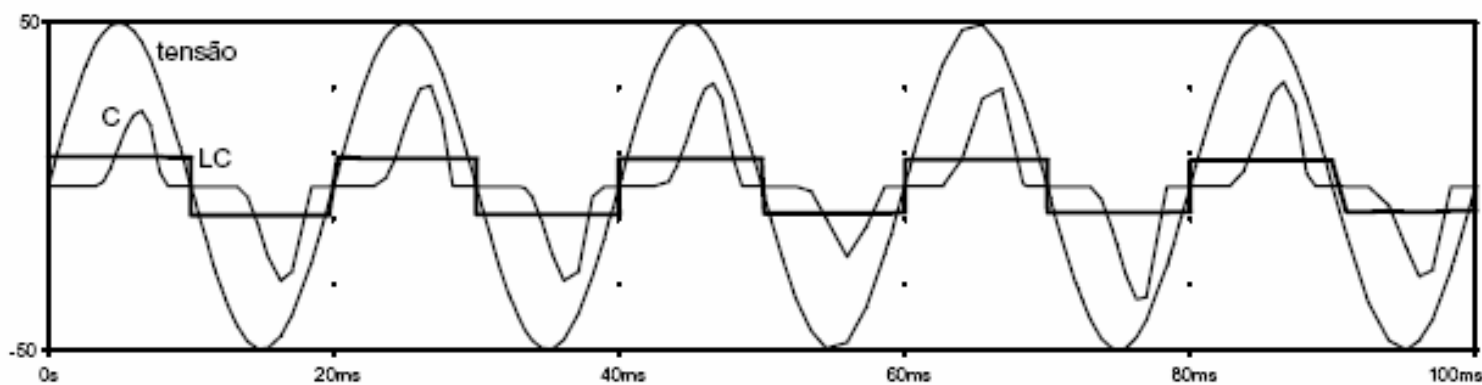
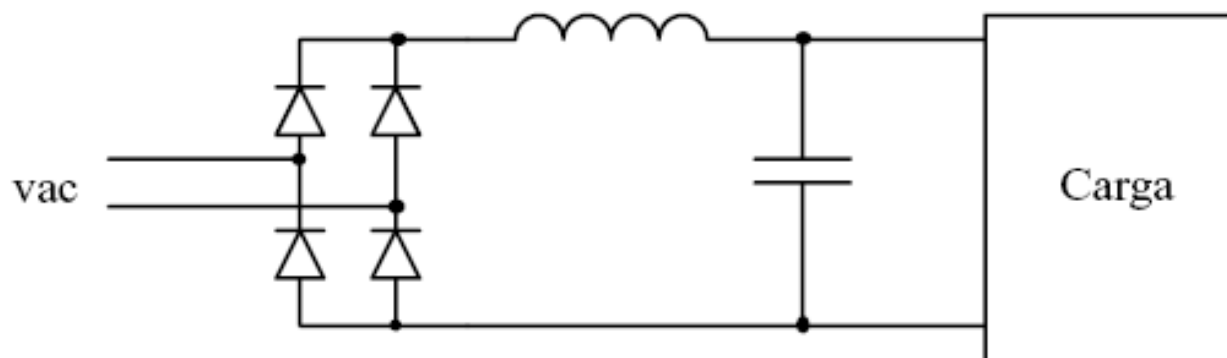
Carga não-linear (fontes lineares e fontes chaveadas):



	Convencional	PFP
Potência disponível	1440 VA	1440 VA
Fator de potência	0,65	0,99
Eficiência do PFP	100%	95%
Eficiência da fonte	75%	75%
Potência disponível	702 W	1015 W

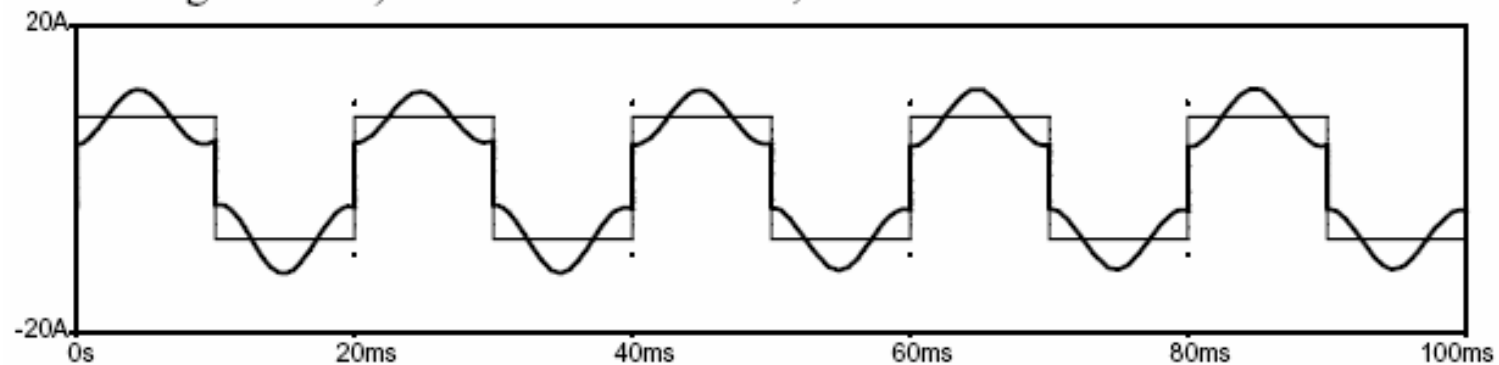
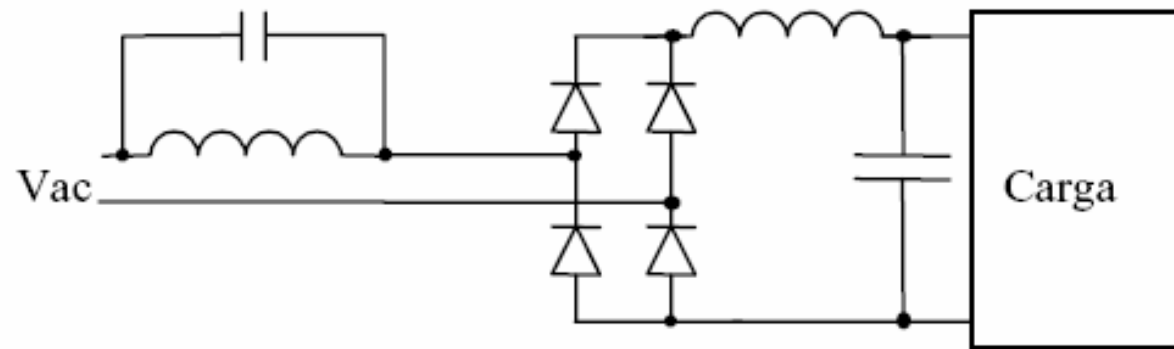
Correção passiva

Inserção de um filtro LC na saída do retificador:



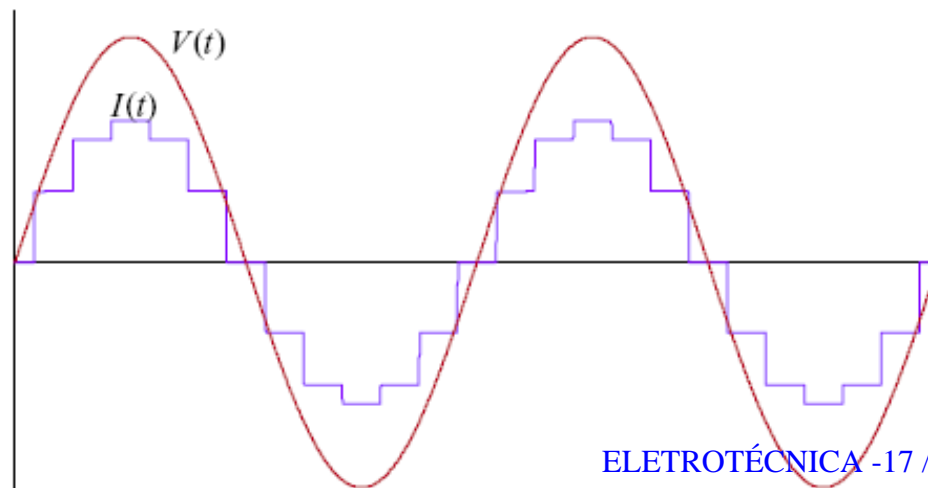
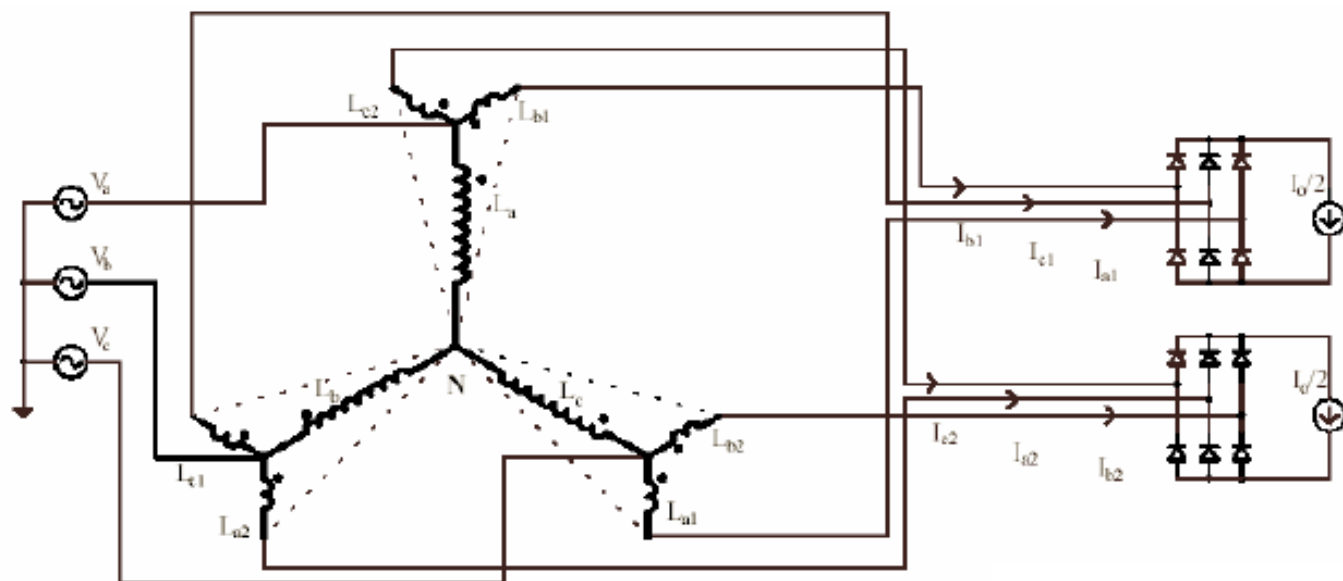
Correção passiva

Inserção de um filtro LC na entrada do retificador, sintonizado em 180 Hz:



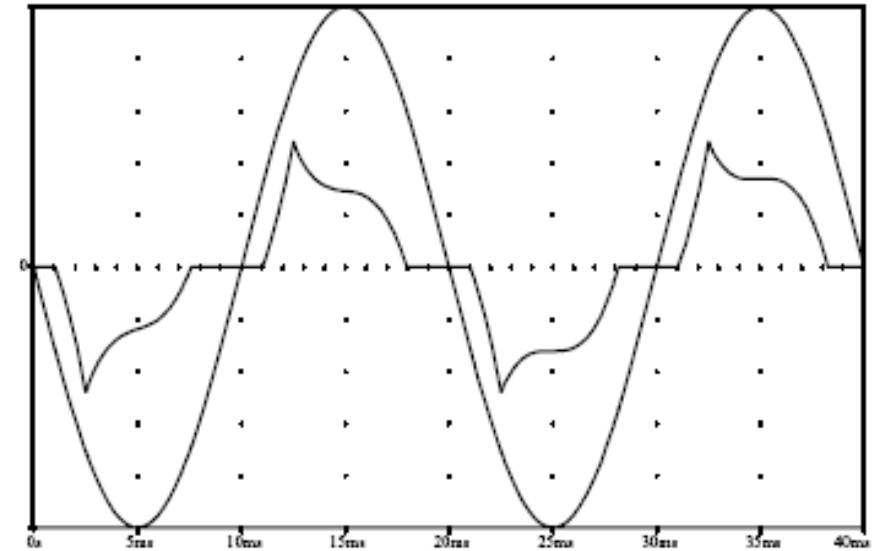
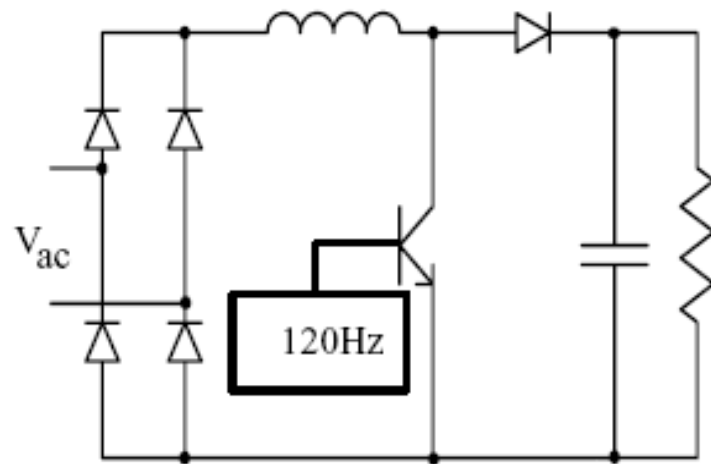
Correção passiva

Retificador de múltiplos pulsos:



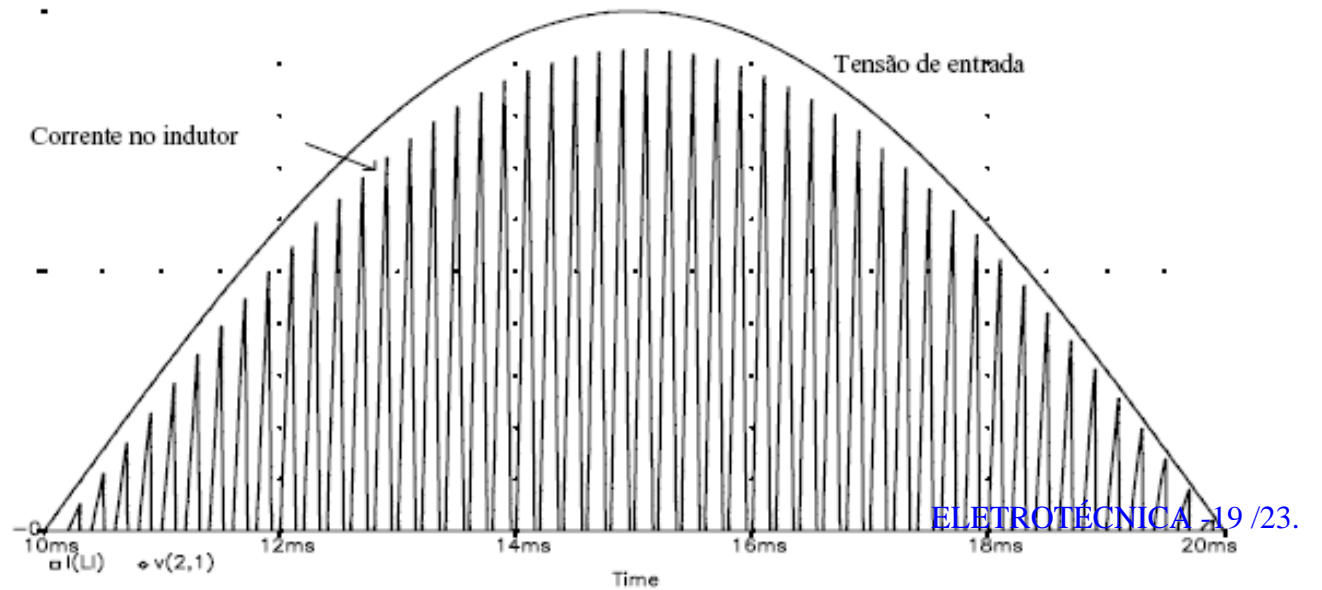
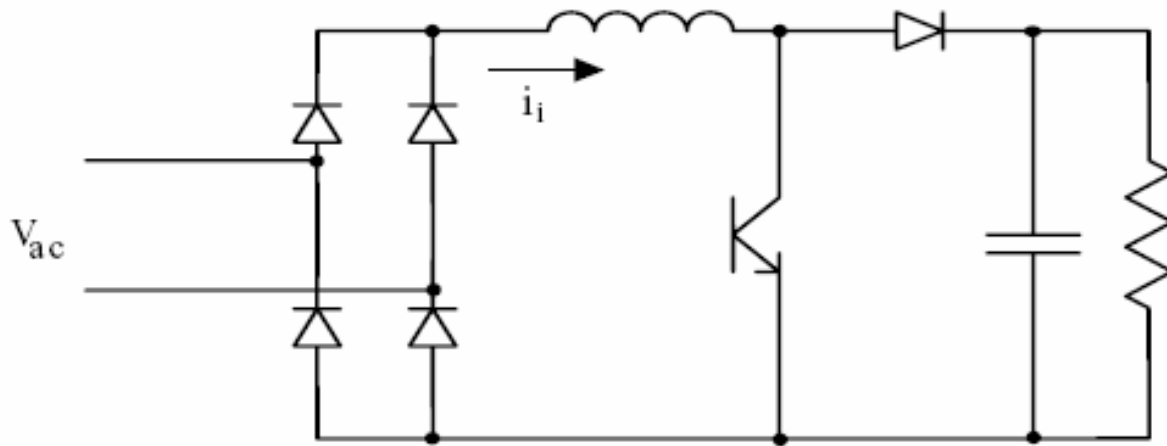
Correção ativa

Inserção de um conversor operando em baixa frequência:



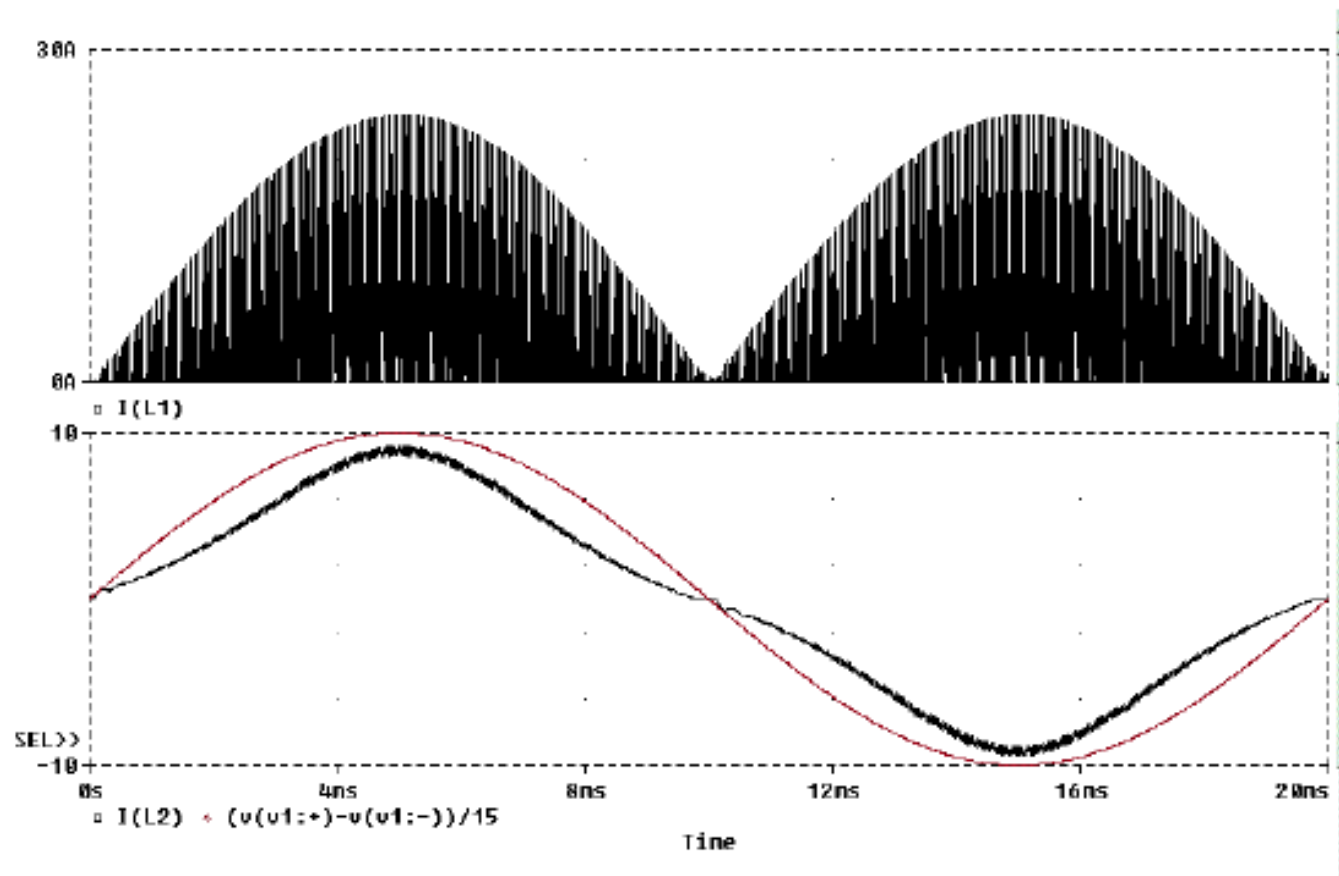
Correção ativa

Uso de um conversor elevador de tensão (Boost):



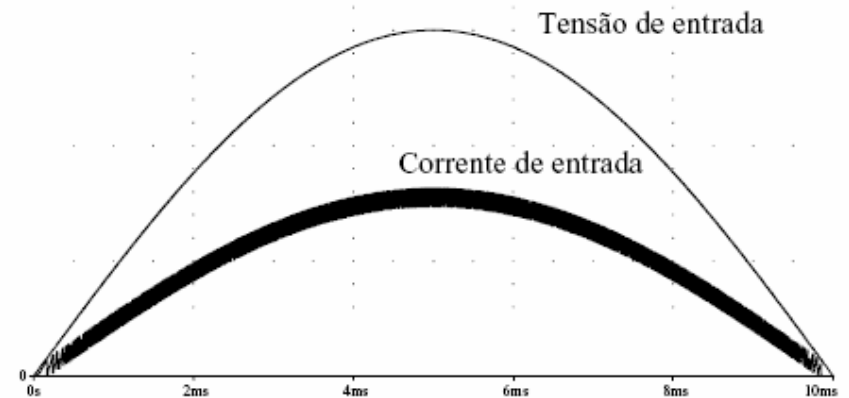
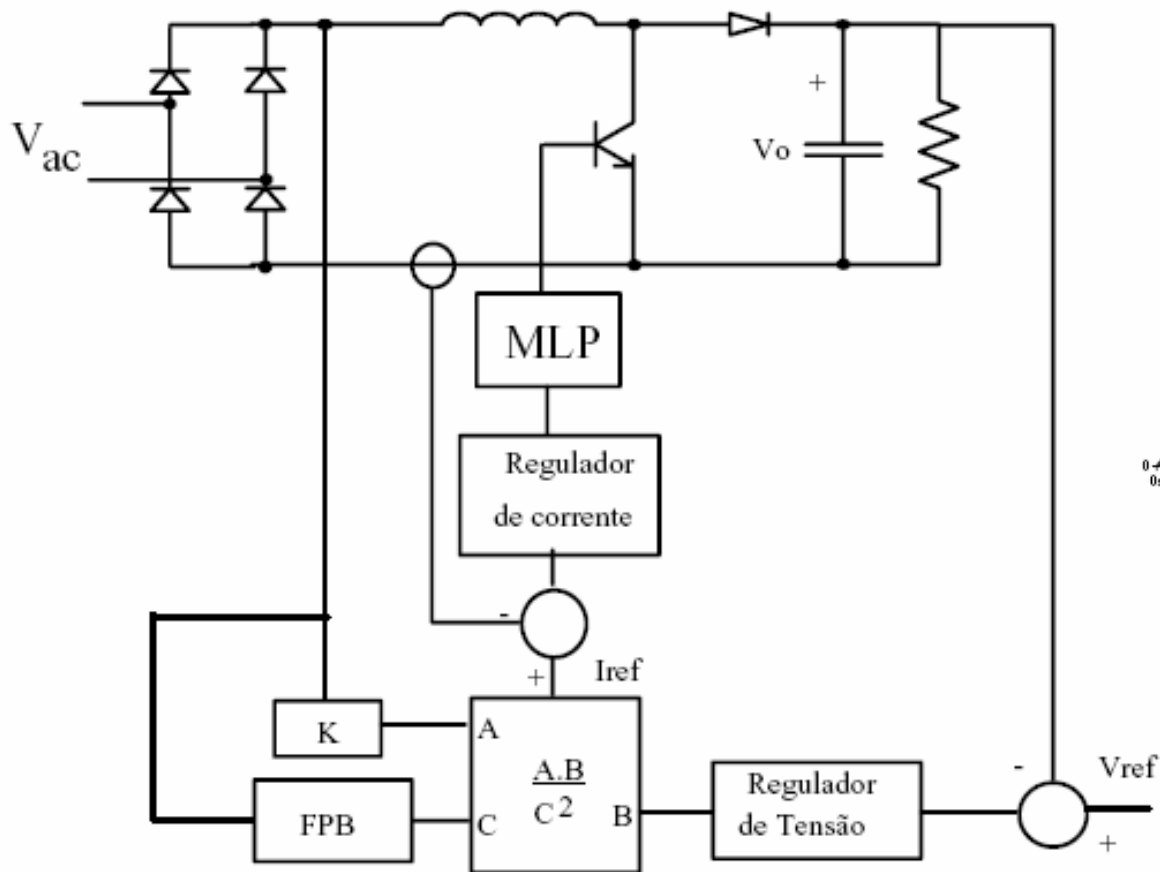
Correção ativa

Uso de um conversor elevador de tensão (Boost):



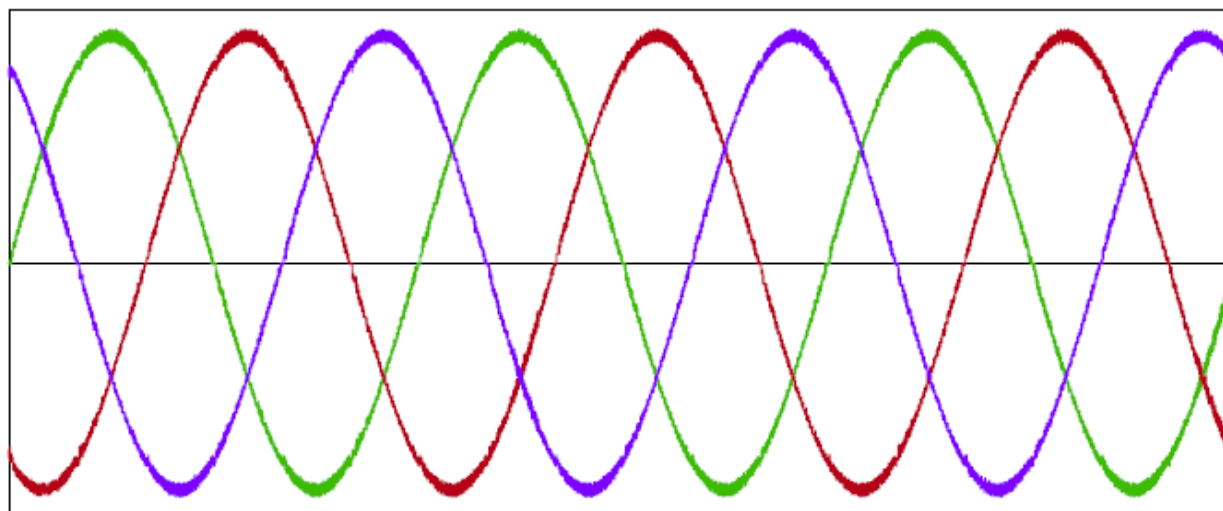
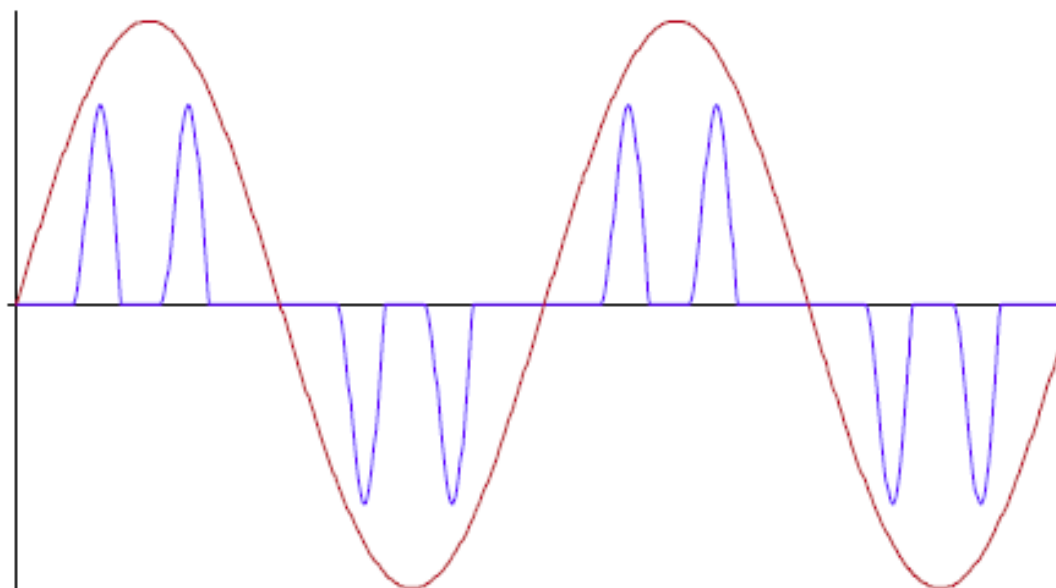
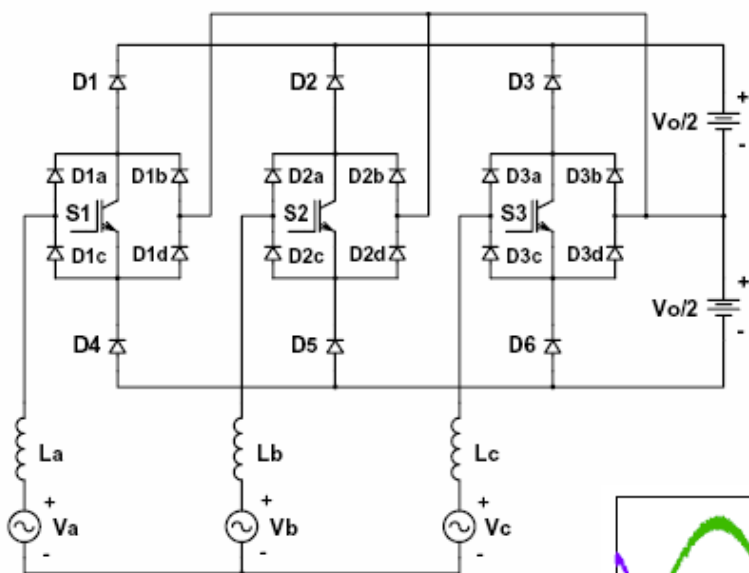
Correção ativa

Uso de um conversor elevador de tensão (Boost):



Correção ativa

Conversores trifásicos:



Simulação usando PSIM

