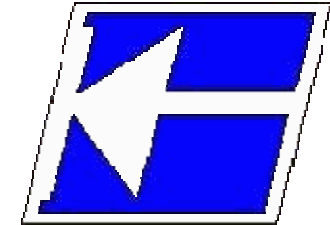


Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina
Departamento de Eletrônica
Retificadores



Correção de Fator de Potência

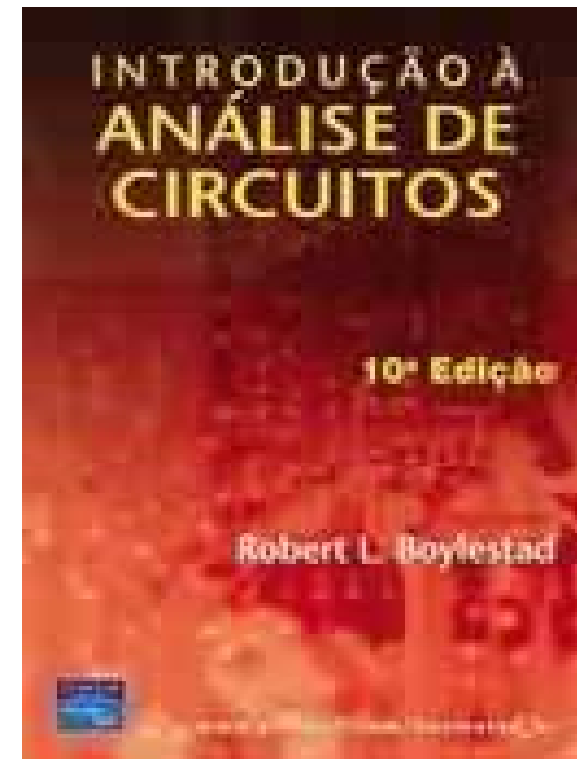
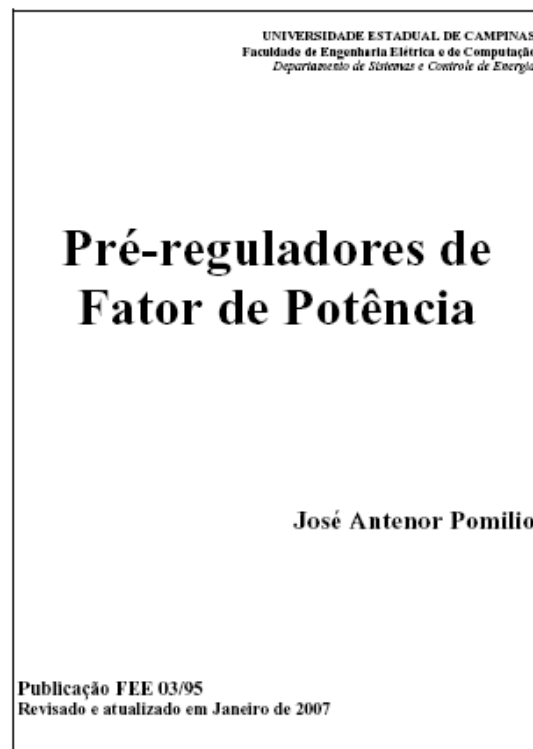
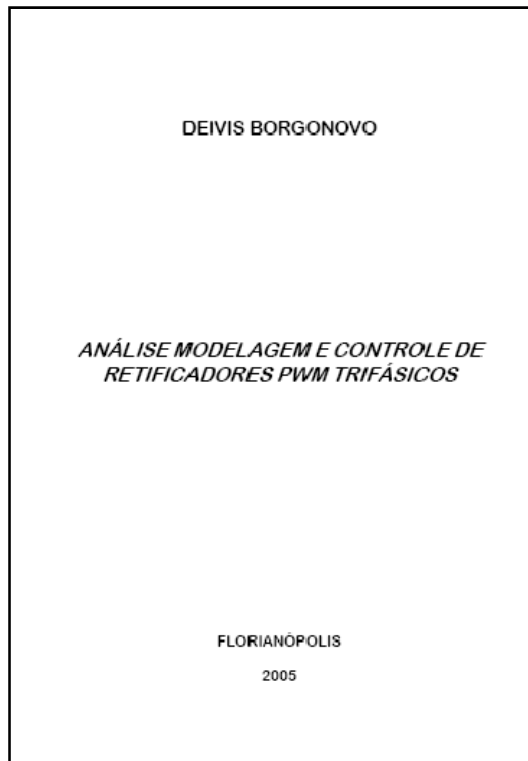
Prof. Clóvis Antônio Petry.

Florianópolis, agosto de 2007.

Nesta aula

Capítulo 19: Potência (CA)

1. Revisão;
2. Correção de fator de potência.



Triângulo de Potências

Na forma vetorial:

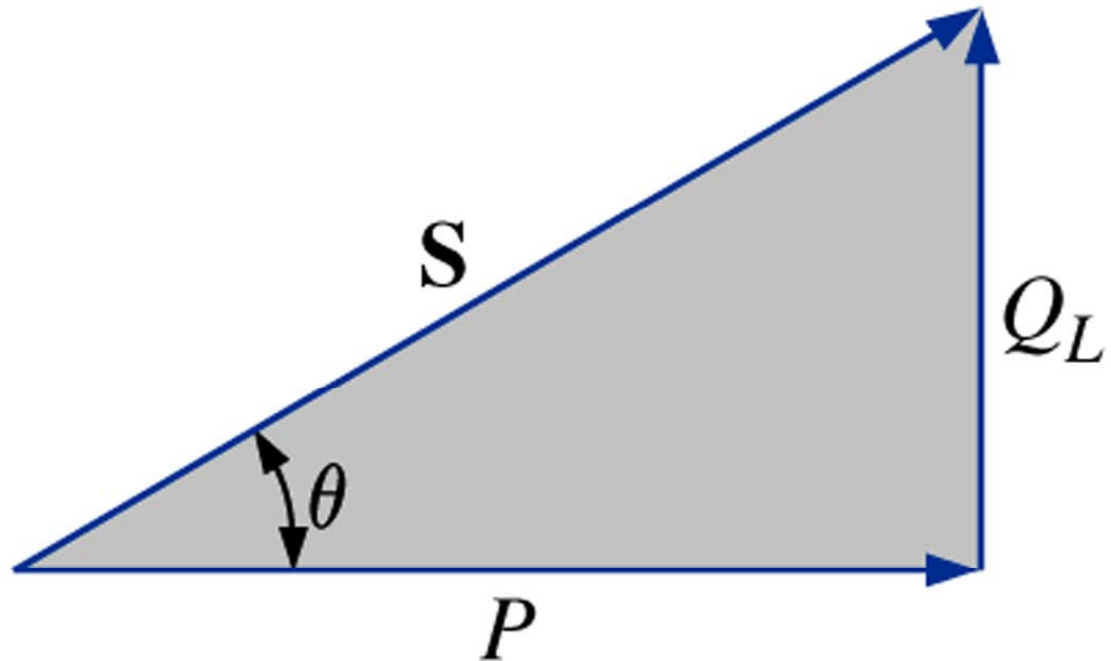
$$S = P + Q$$

$$P = P \underline{0^\circ} \quad Q_L = Q_L \underline{90^\circ} \quad Q_C = Q_C \underline{-90^\circ}$$

Na forma complexa:

$$S = P + jQ_L$$

$$S = P - jQ_C$$



Triângulo de Potências

Em módulo:

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Forma vetorial da potência aparente:

$$S = V \cdot I^*$$

I^*  Complexo conjugado da corrente

P, Q e S totais

As potências totais podem ser determinadas seguindo:

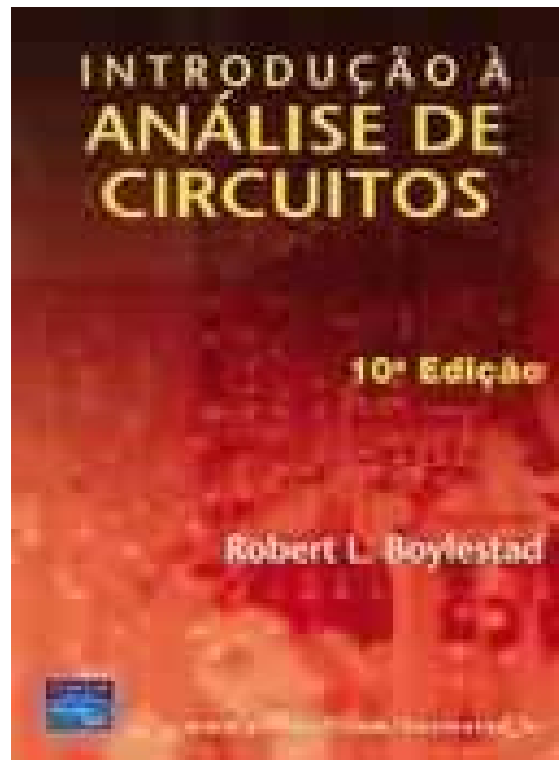
1. Determine a potência real (média) e a potência imaginária (reativa) para todos os ramos do circuito;
2. A potência real total do sistema (P_T) é a soma das potências médias fornecidas a todos os ramos;
3. A potência reativa total (Q_T) é a diferença entre as potências reativas das cargas indutivas e a das cargas capacitivas;
4. A potência total aparente é dada por:

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2}$$

5. O fator de potência total é igual a P_T/S_T .

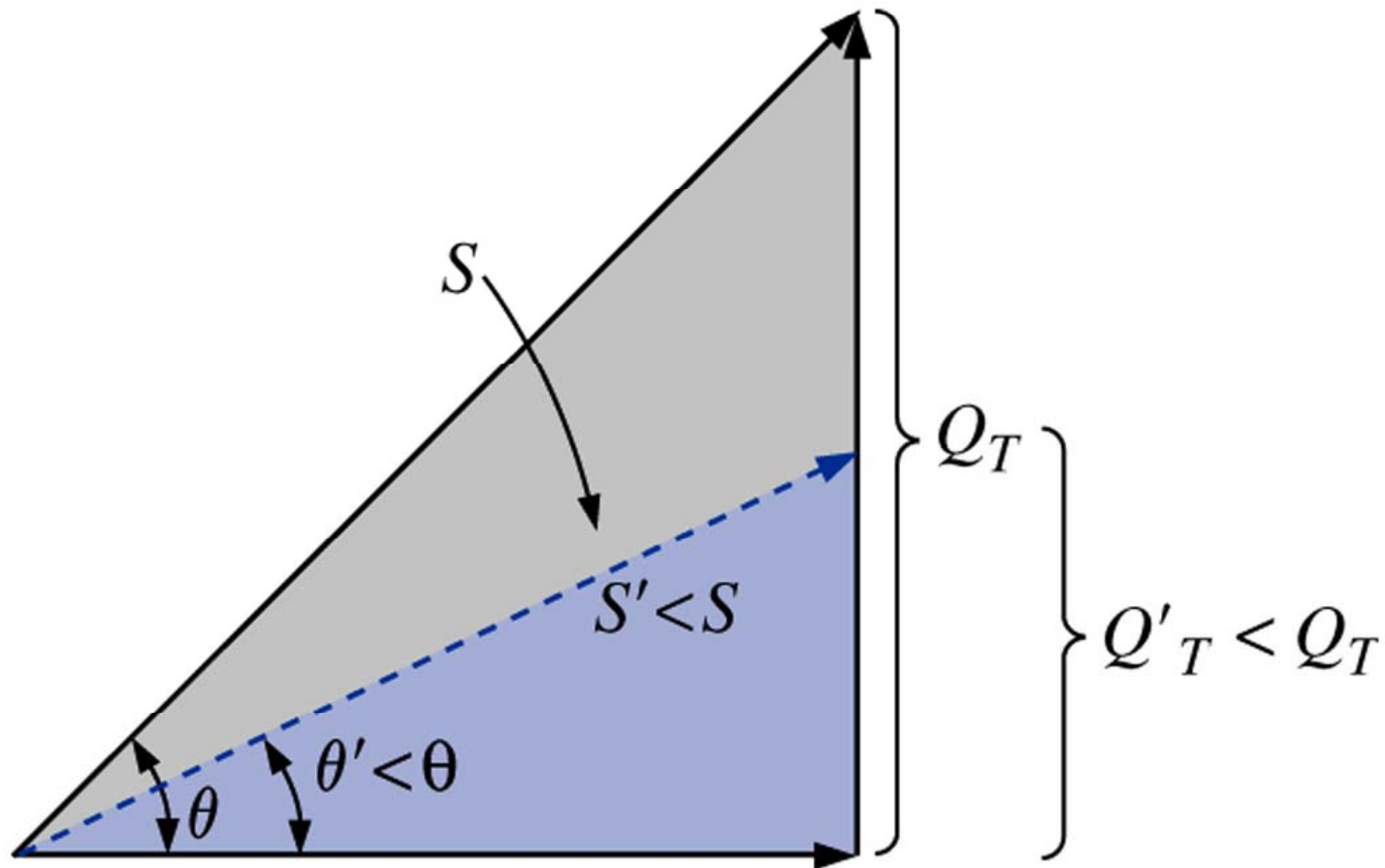
Correção do Fator de Potência

Material de apoio, disponível em:

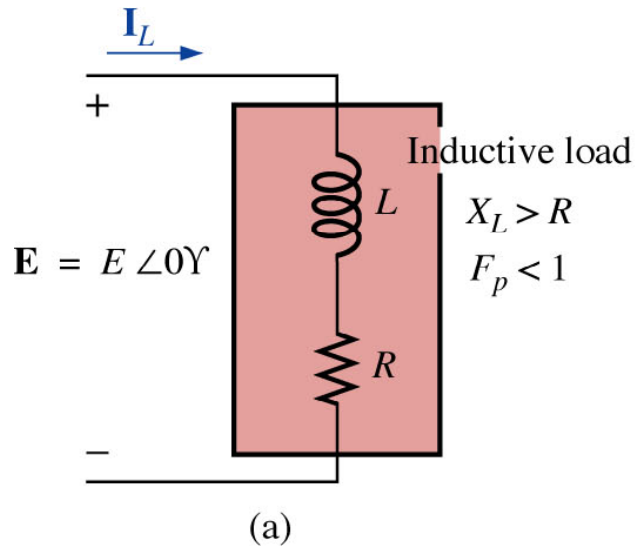


www.cefetsc.edu.br/~petry

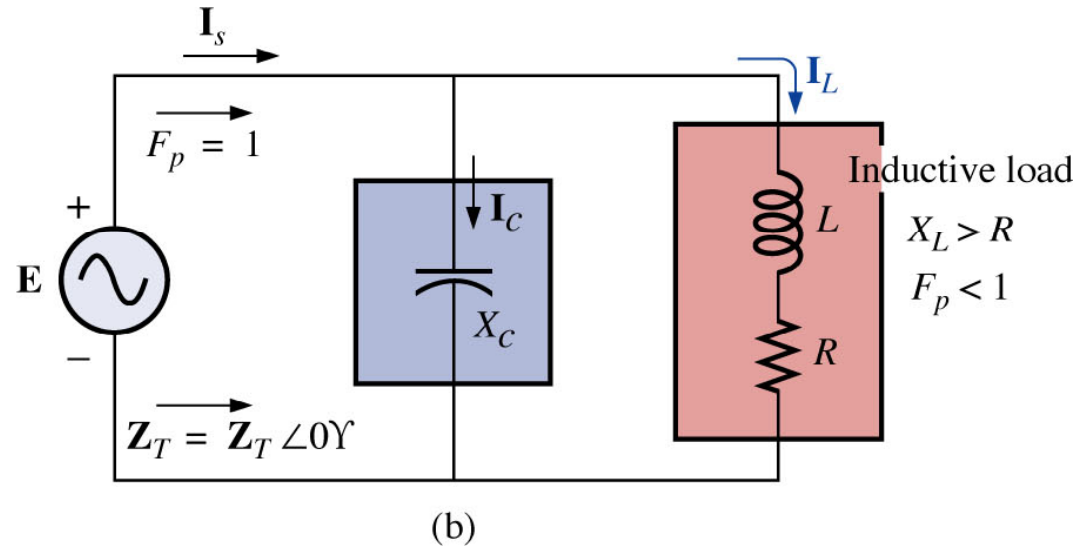
Correção do Fator de Potência



Correção do Fator de Potência

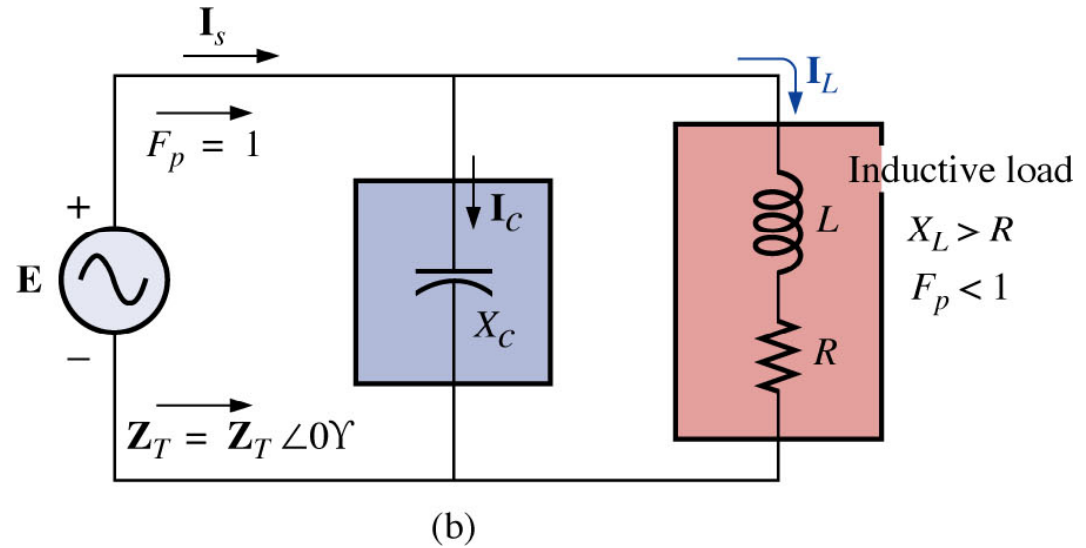
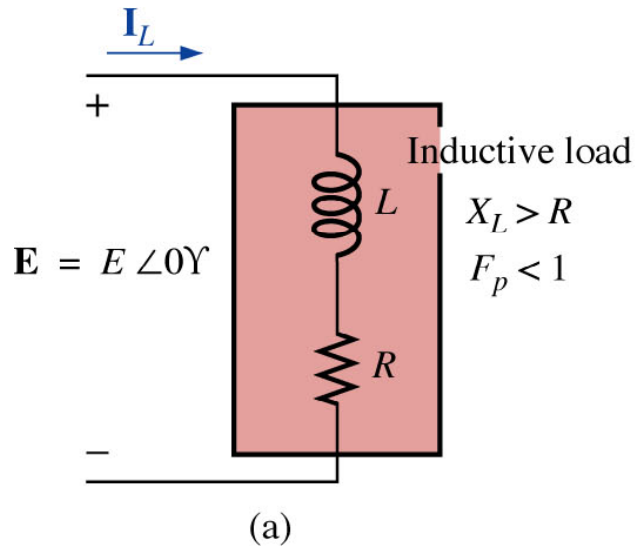


Carga indutiva sem correção.



Correção do fator de potência usando capacitores.

Correção do Fator de Potência



$$I_s = I_C + I_L$$

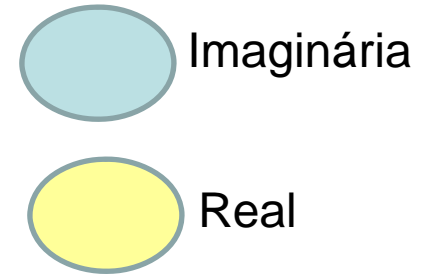
$$I_s = -jI_C + I_L + jI_L$$

$$I_s = I_L + j[I_C - I_L]$$

Se:

$$I_C = I_L$$

$$I_s = I_L + j0$$



Correção do Fator de Potência

Exemplo 19.5: Um motor de 5 hp com um fator de potência atrasado de 0,6 e cuja eficiência é 92 por cento está conectado a uma fonte de 208 V e 60 Hz.

- Construa o triângulo de potência para a carga;
- Determine o valor do capacitor que deve ser ligado em paralelo com a carga de modo a aumentar o fator de potência para 1;
- Determine a diferença na corrente fornecida pela fonte no circuito compensado e a corrente no circuito não-compensado;
- Determine o circuito equivalente para o circuito acima e verifique as conclusões.

$$\text{a) } 1 \text{ hp} = 746 \text{ W} \qquad \theta = \cos^{-1}(FP) = \cos^{-1}(0,6) = 53,13^\circ$$

$$P_o = 5 \text{ hp} = 5 \cdot 746 = 3730 \text{ W}$$

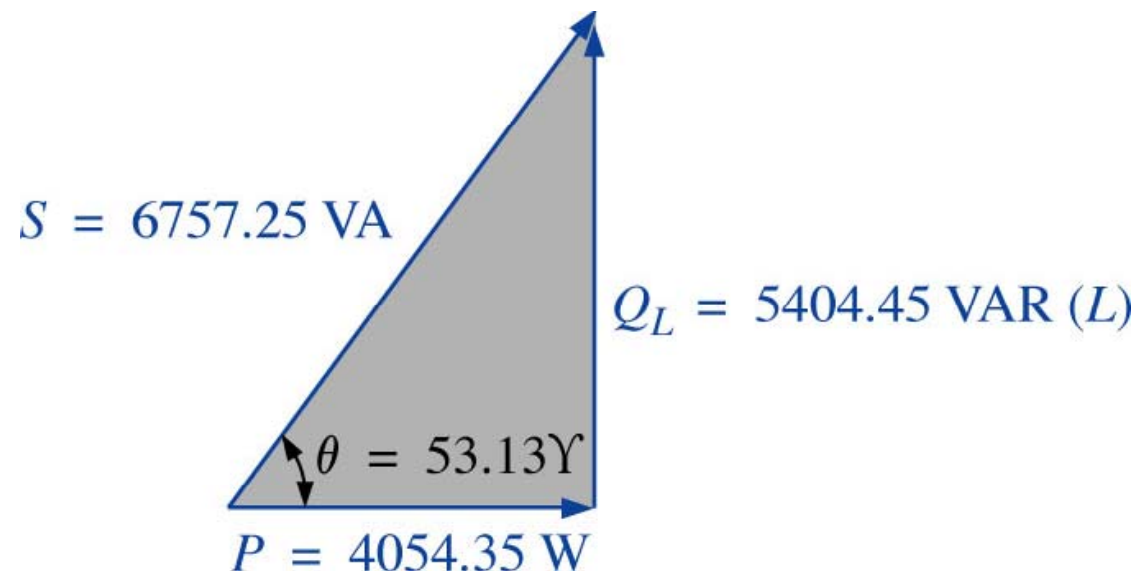
$$P_i = \frac{P_o}{\eta} = \frac{3730}{0,92} = 4054,35 \text{ W}$$

Correção do Fator de Potência

a) $P = S \cdot \cos(\theta)$

$$S_i = \frac{P_i}{\cos(\theta)} = \frac{4054,35}{0,6} = 6757,25 \text{ VA}$$

$$Q_L = S \cdot \text{sen}(\theta) = 6757,25 \cdot \text{sen}(53,13) = 5405,8 \text{ VAR}$$



Correção do Fator de Potência

b)

$$Q_C = Q_L = 5405,8 \text{ VAR}$$

$$Q_C = \frac{V^2}{X_C} \longrightarrow X_C = \frac{V^2}{Q_C} = \frac{208^2}{5405,8} = 8 \Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2\pi \cdot 60 \cdot 8} = 331,6 \mu\text{F}$$

c)

Para FP=0,6:

$$S = V \cdot I = 6757,25 \text{ VA}$$

$$I = \frac{S}{V} = \frac{6757,25}{208} = 32,49 \text{ A}$$

Correção do Fator de Potência

c) Para $FP=1,0$:

$$S = V \cdot I = 4054,35 \text{ VA}$$

$$I = \frac{S}{V} = \frac{4054,35}{208} = 19,49 \text{ A}$$

d) Para $FP=0,6$:

$$\theta = \cos^{-1}(FP) = \cos^{-1}(0,6) = 53,13^\circ$$

$$S = V \cdot I = 6757,25 \text{ VA}$$

$$I = \frac{S}{V} = \frac{6757,25}{208} = 32,49 \text{ A} \longrightarrow I = 32,49 \angle -53,13^\circ \text{ A}$$

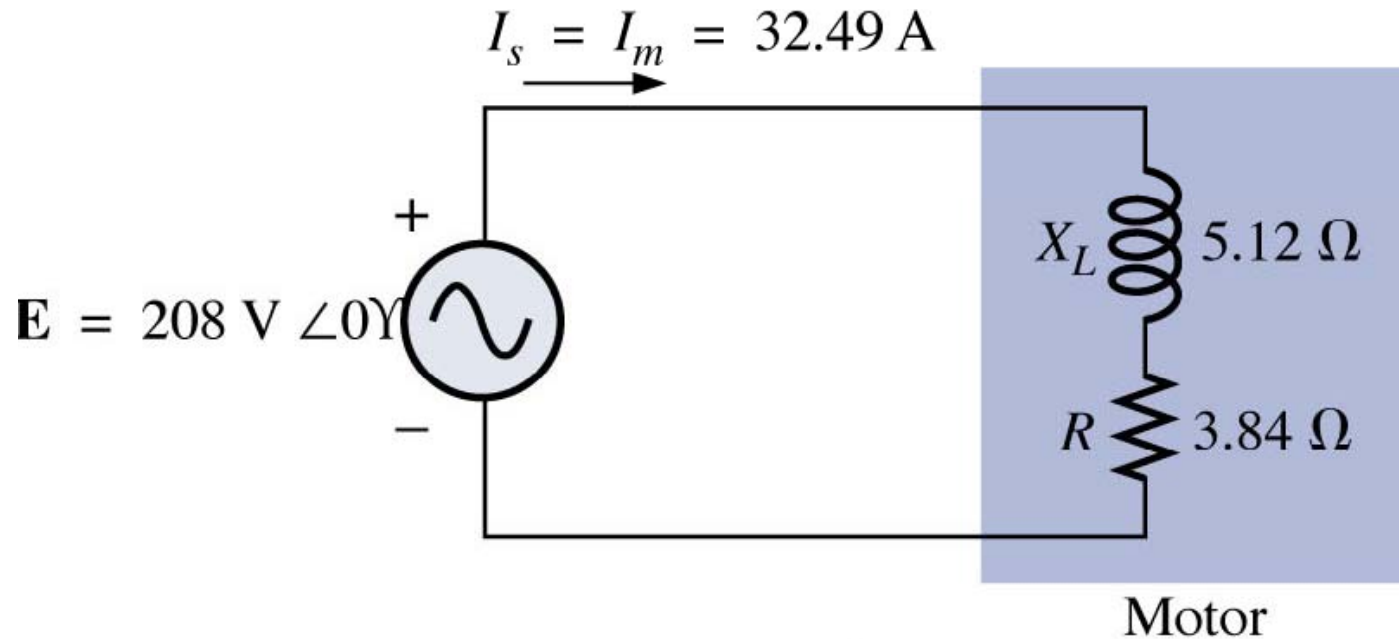
Circuito indutivo.

$$Z_{motor} = \frac{E}{I} = \frac{208 \angle 0^\circ}{32,49 \angle -53,13^\circ} = 6,4 \angle 53,13^\circ = 3,84 + j5,12 \Omega$$

Correção do Fator de Potência

d)

$$Z_{motor} = \frac{E}{I} = \frac{208 \angle 0^\circ}{32,49 \angle -53,13^\circ} = 6,4 \angle 53,13^\circ = 3,84 + j5,12 \Omega$$



(a)

Formas de correção de fator de potência

Correção passiva de fator de potência:

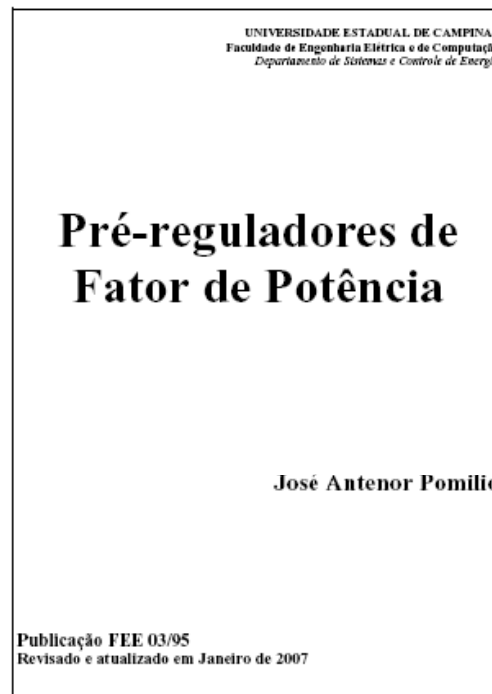
- Introduzir elementos passivos (resistores, capacitores, indutores) para aumentar o fator de potência;
- Se o fator de potência da carga mudar, o circuito compensador projetado se tornará ineficiente;
- Circuitos passivos são robustos, mas são volumosos e pesados.

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

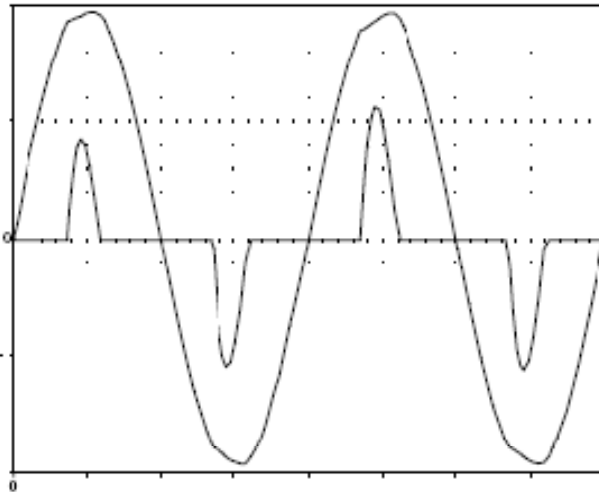
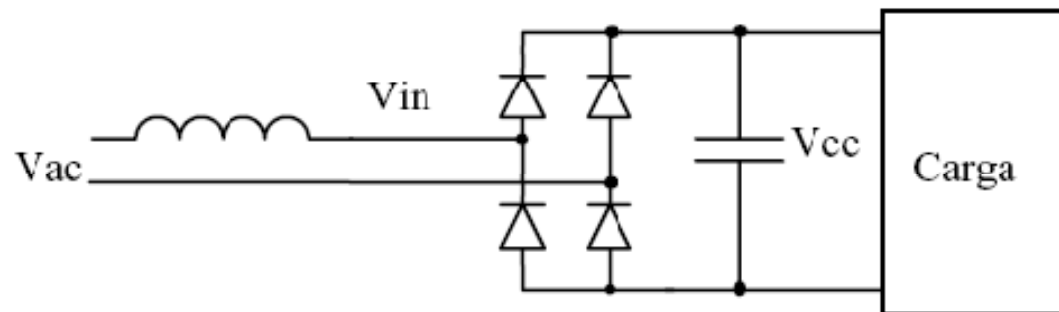
Material de apoio, disponível em:



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

Correção passiva e ativa, a necessidade

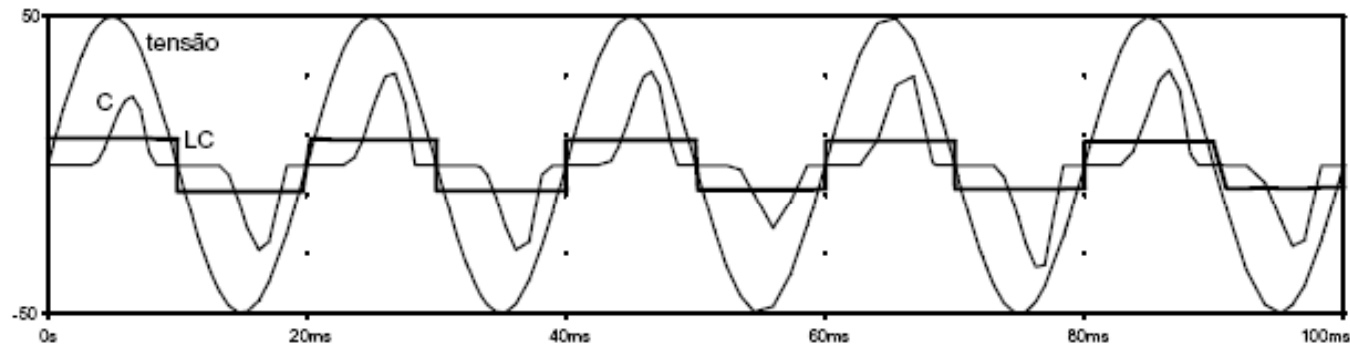
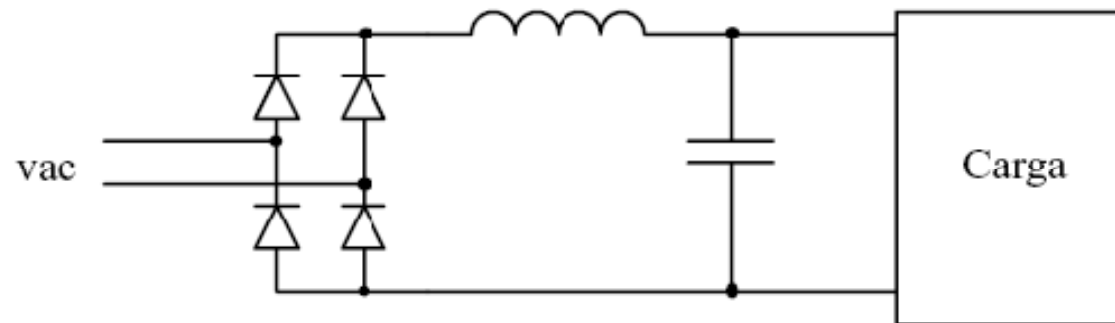
Carga não-linear (fontes lineares e fontes chaveadas):



	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

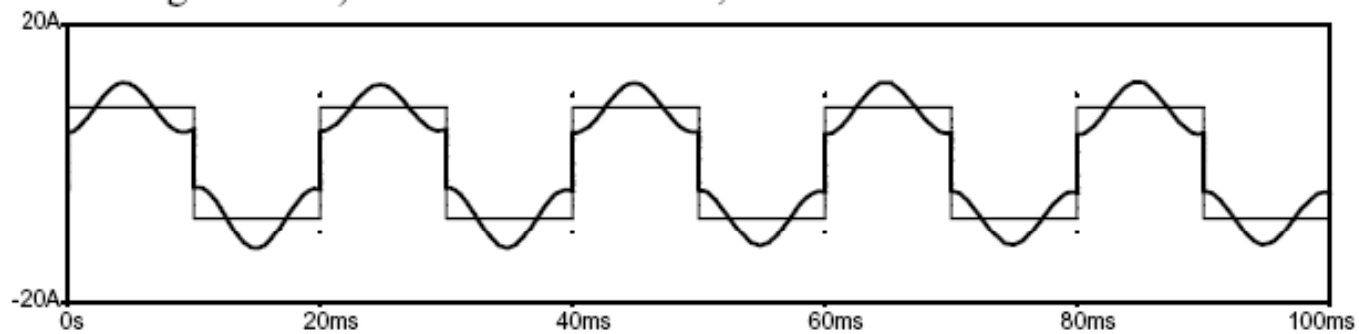
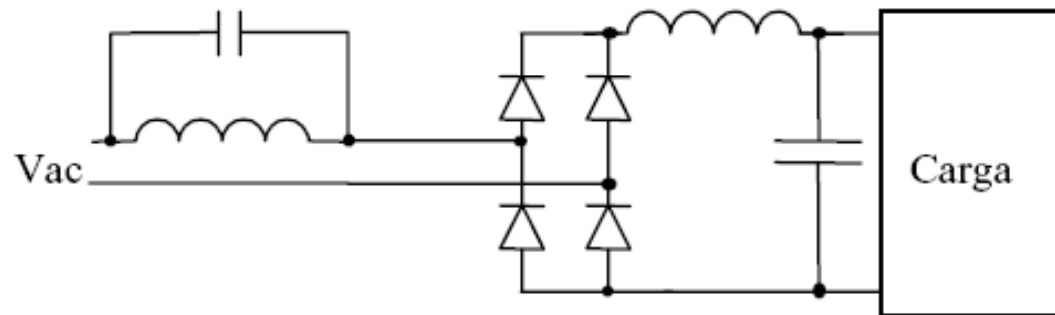
Correção passiva

Inserção de um filtro LC na saída do retificador:



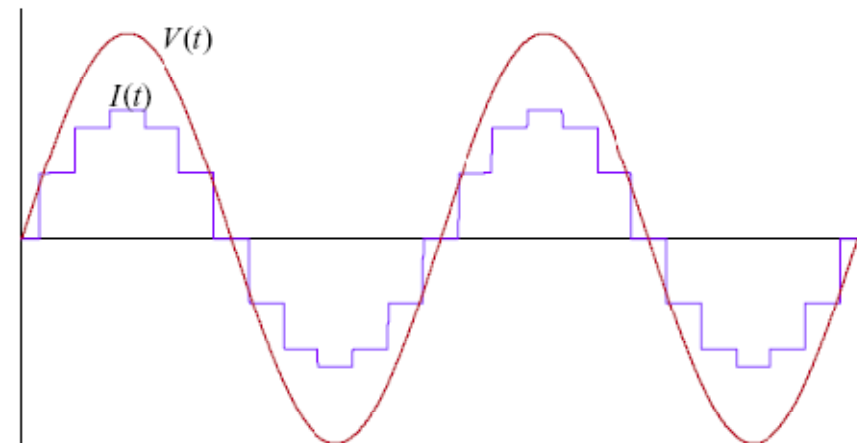
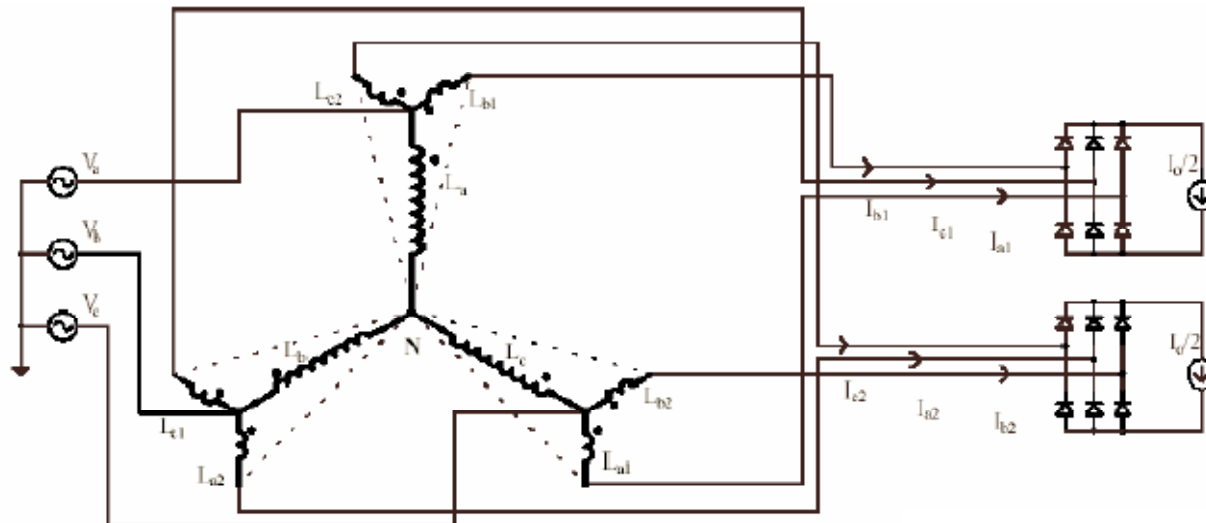
Correção passiva

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



Correção passiva

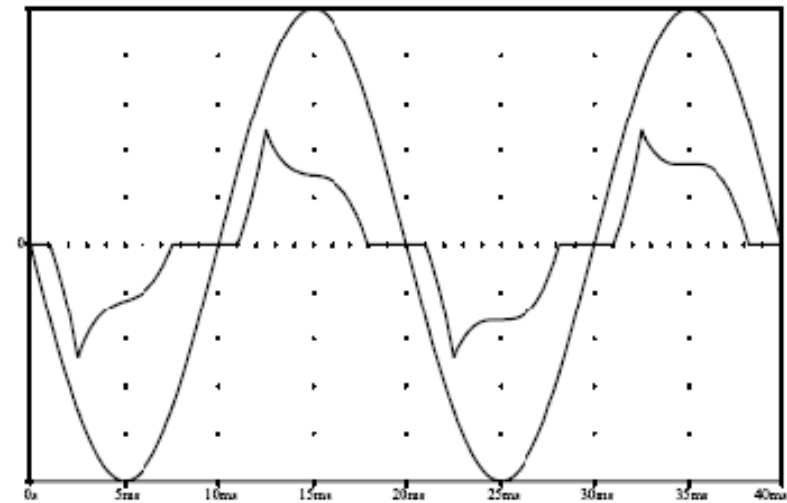
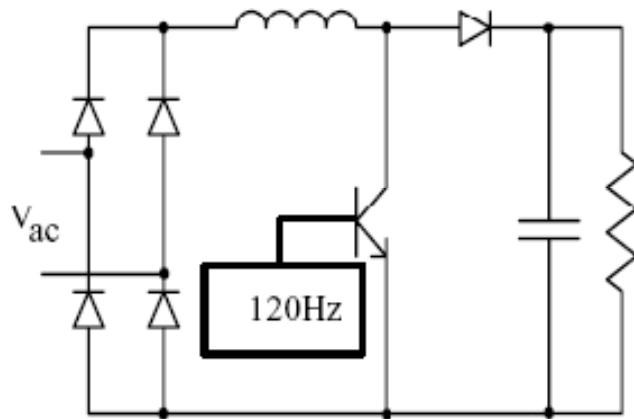
Retificador de múltiplos pulsos:



<http://www.tede.ufsc.br/teses/PEEL1007.pdf>

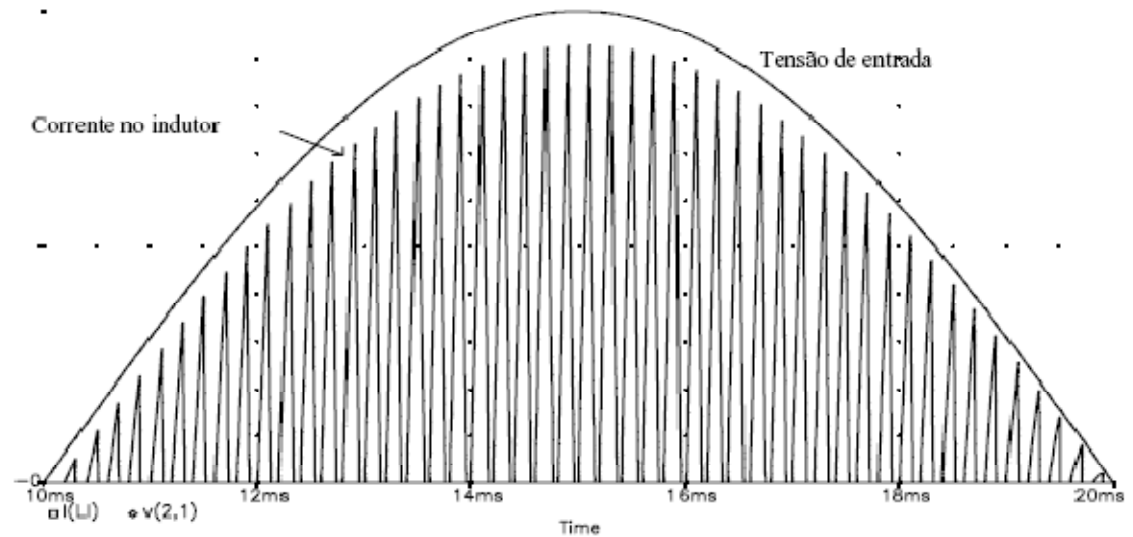
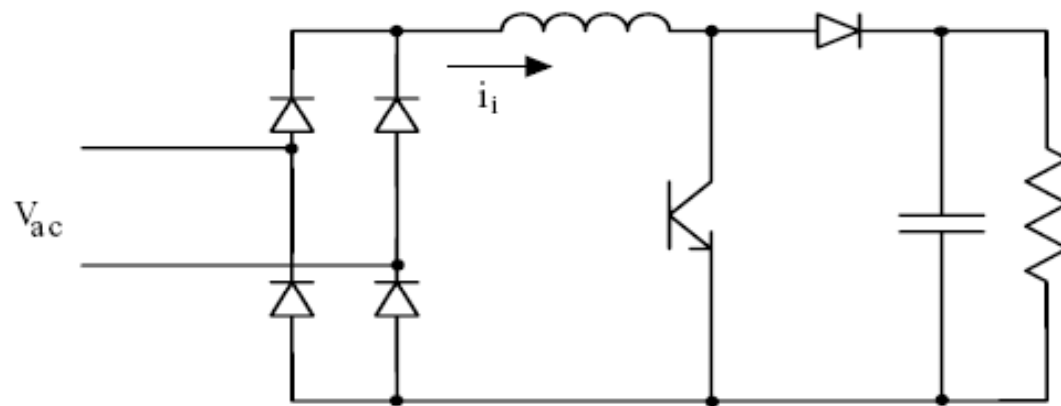
Correção ativa

Inserção de um conversor operando em baixa frequência:



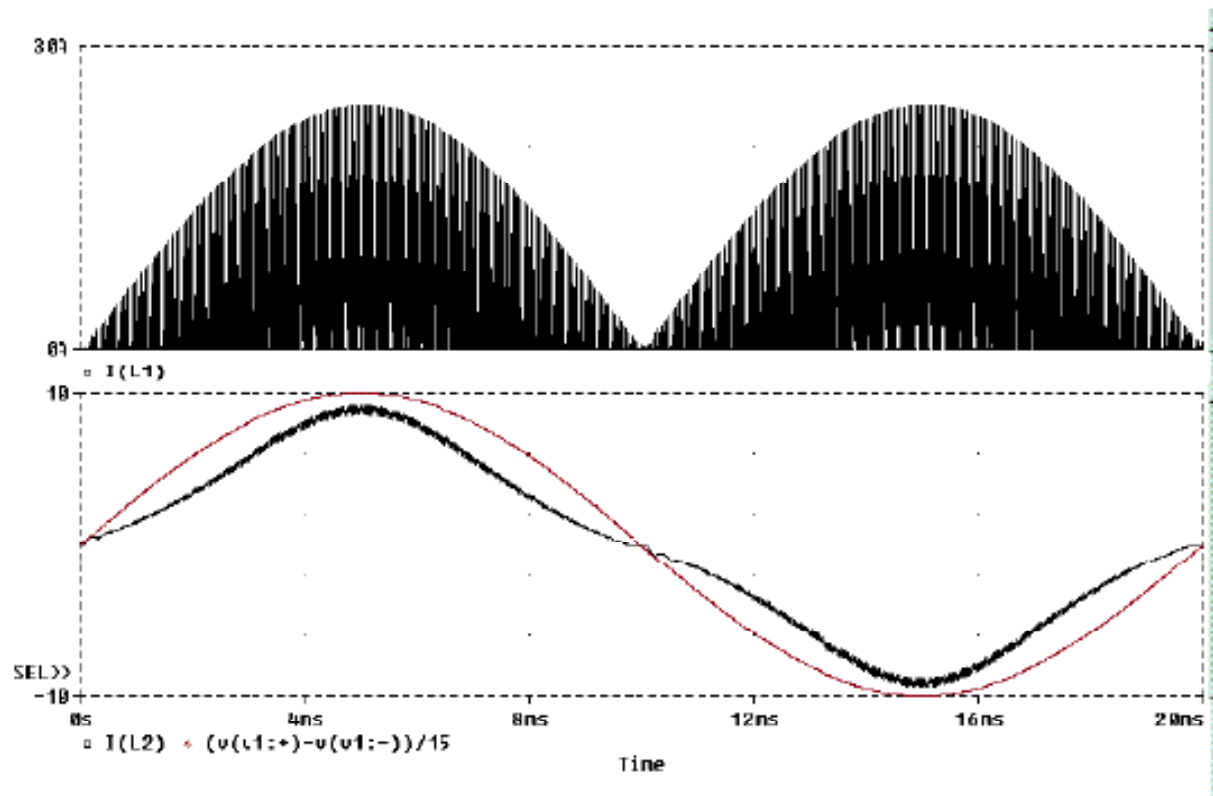
Correção ativa

Uso de um conversor elevador de tensão (Boost):



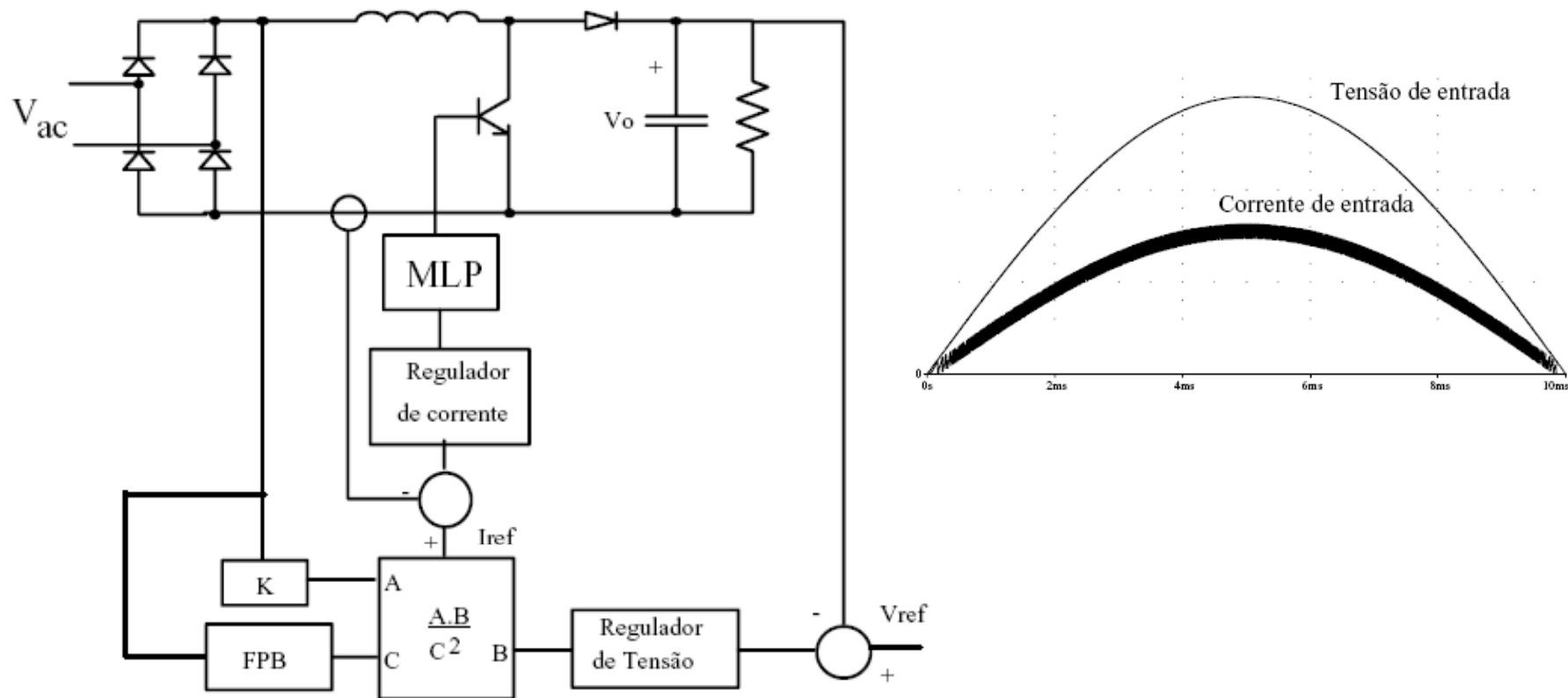
Correção ativa

Uso de um conversor elevador de tensão (Boost):



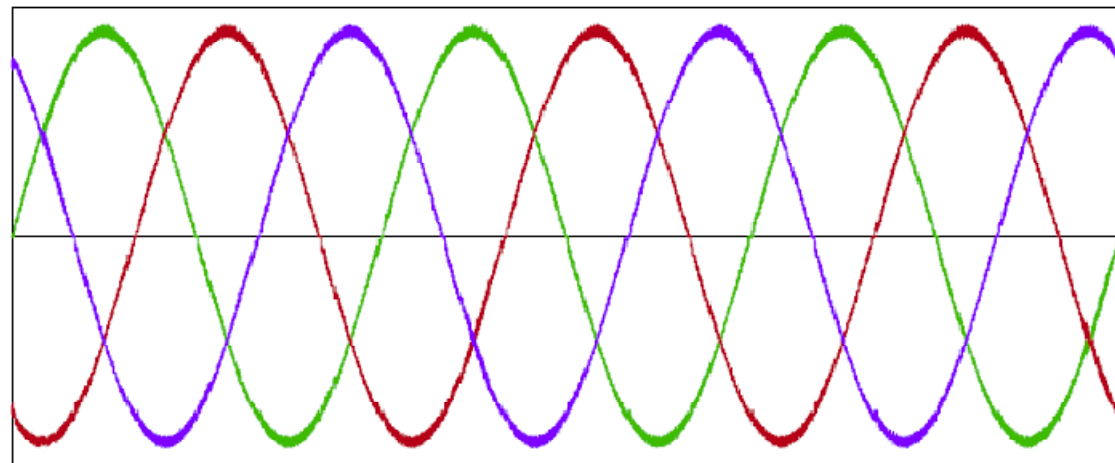
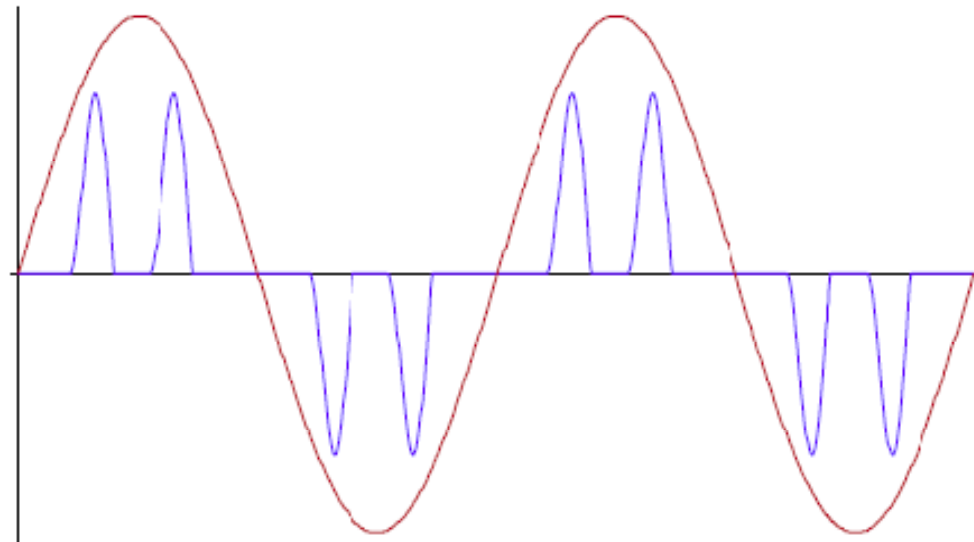
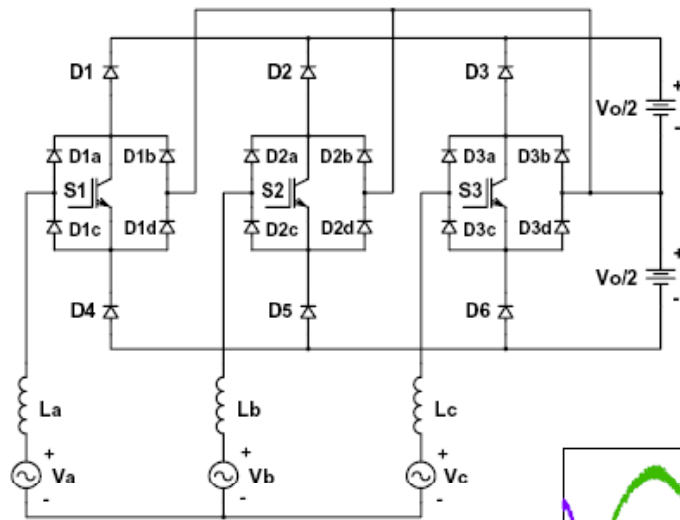
Correção ativa

Uso de um conversor elevador de tensão (Boost):



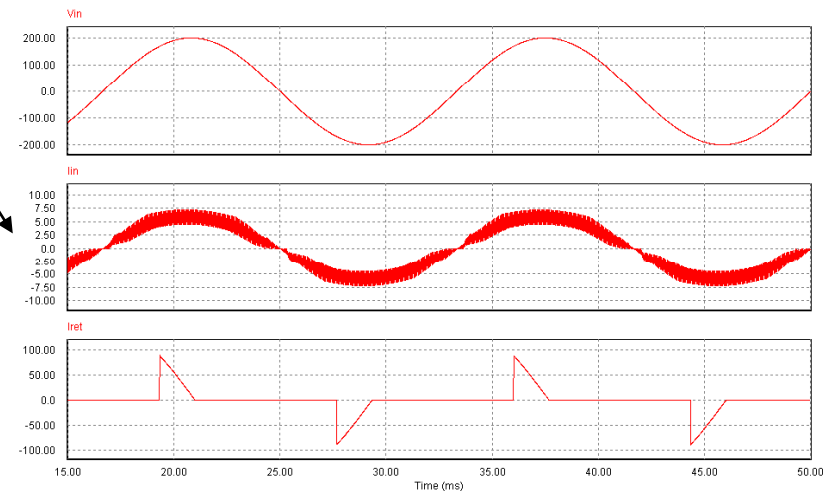
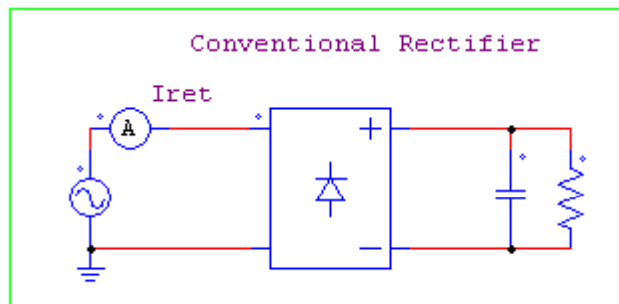
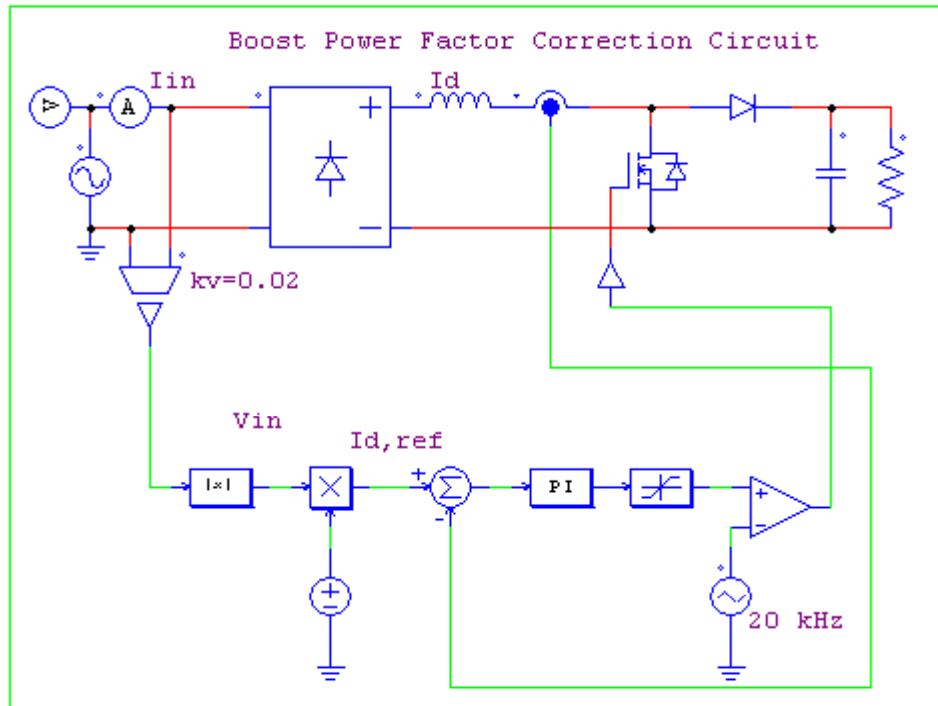
Correção ativa

Conversores trifásicos:



<http://www.tede.ufsc.br/teses/PEEL1007.pdf>

Simulação usando PSIM



Na próxima aula

Laboratório – Sinais Senoidais

1. Gráfico de uma forma de onda;
2. Defasagem entre tensão e corrente para R, L e C;
3. Potência nos elementos passivos;
4. Correção de fator de potência.

Aula LAB 01 – Sinais senoidais

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ELETRÔNICA
Retificadores (ENG - 20301)
AULA LAB 01
SINAIS SENOIDAIS

1 INTRODUÇÃO

Esta aula de laboratório tem por objetivo consolidar os conhecimentos obtidos nas aulas teóricas referentes ao estudo de sinais senoidais. Para tanto, será usado o simulador de circuitos PSIM visando confrontar as expressões matemáticas convencionais com os resultados de simulação obtidos via simulador.

Além disso, será usado o software Mathcad para representar as funções estudadas no formato retangular e plotar e realizar os cálculos das grandezas dos circuitos estudados.

Em síntese, objetiva-se:

- Desenhar o gráfico de uma função qualquer;
- Simular circuitos com diferentes fontes e obter os principais parâmetros de algumas formas de onda;
- Confrontar os resultados teóricos com os resultados obtidos via simulação;
- Verificar a defasagem entre tensão e corrente num resistor, indutor e capacitor, ligados em CA;
- Determinar a potência ativa nos elementos passivos (R, L e C);
- Determinar a potência reativa nos elementos passivos (R, L e C);
- Determinar a potência aparente nos elementos passivos (R, L e C);
- Entender o princípio da correção de fator de potência.

2 GRÁFICO DE UMA FORMA DE ONDA

Sejam as funções periódicas representadas pelas expressões a seguir:

$$v_1(t) = 100 \cdot \sin(377 \cdot t)$$

$$v_2(t) = 70 \cdot \sin(377 \cdot t + 45^\circ)$$

A partir das expressões, obtenha os principais parâmetros das funções anotando os valores nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Parâmetros da tensão v_1 .

Parâmetro	Valor
Tensão de pico [V]	
Frequência [Hz]	
Frequência angular [rad/s]	
Período [ms]	
Ângulo inicial [graus]	