

GUIA DE SELEÇÃO PARA FONTES DE ENERGIA PARA O PROCESSO DE SOLDAGEM POR ELETRODO REVESTIDO (SMAW)

Edmundo Santos Lima – RA: 10205057 / E-mail: eslima.ed@gmail.com

1 - Introdução

Nesse trabalho serão abordadas informações técnicas com o objetivo de facilitar a escolha de uma fonte de energia mais adequada ao processo de soldagem por eletrodo revestido.

Através desse guia, o usuário estará apto a identificar as informações de catálogo, tais como, fator de trabalho e potencia do equipamento, etc., podendo com essas informações mais o diâmetro do eletrodo que será usado, escolher a fonte de energia com uma potencia adequada.

2 - Tipos de fontes de energia para soldagem por eletrodo revestido (Shielded Metal Arc Welding – SMAW)

Uma fonte de energia para soldagem a arco deve atender a três requisitos básicos:

- Produzir saídas de corrente e tensão com características adequadas para um ou mais processos de soldagem, ou seja, tensões baixas e correntes altas para soldagem;
- Permitir o ajuste dos valores de corrente e/ou tensão para aplicações específicas;
- Controlar, durante a soldagem, a variação dos níveis de corrente e tensão de acordo com os requisitos do processo e aplicação.

Adicionalmente, o projeto da fonte precisa considerar os seguintes requisitos adicionais:

- Estar em conformidade com exigências de normas e códigos relacionados com a segurança e funcionalidade;
- Apresentar resistência e durabilidade em ambientes fabris, com instalação e operação simples e segura;
- Ter controles/interface de fácil uso e compreensão para o usuário;
- E quando necessário, ter interface ou saída para sistemas de automação.

A soldagem a arco exige uma fonte de energia (máquina para soldagem) especialmente projetada para esta aplicação e capaz de fornecer tensões e correntes, em geral, na faixa de 10 a 40V e 10 a 1200A, respectivamente.

Transformadores: é um dispositivo que transfere energia elétrica de um circuito de corrente alternada para outro através de um campo magnético sem modificar a frequência, mas, dependendo de sua construção, levando a um aumento ou redução da tensão. Em linhas gerais, um transformador é composto de um núcleo de chapas de aço sobrepostas e enrolado por dois segmentos de fio que formam os enrolamentos primário (de entrada) e secundário (de saída).

Numa fonte de energia para soldagem, sua função é transformar (baixar) as tensões altas da rede elétrica (110V / 220V monofásico e/ou 220V / 380V / 440V trifásico) para tensões de soldagem (10V a 40V). A fonte de energia para soldagem continua fornecendo corrente alternada na saída.

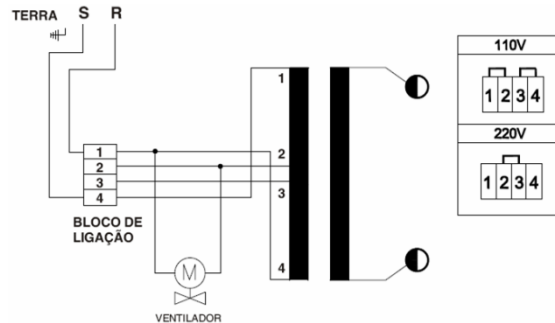


Figura 1: Exemplo de transformador para circuito monofásico

(Fonte: Treinamento ESAB – Treinamento Técnico Equipamentos Standard_rev00 – página: 5).

Retificadores: são componentes eletrônicos retificadores que apresentam valores de resistência elétrica diferentes, dependendo do sentido de fluxo da corrente, isto é, a resistência é muito menor em um sentido do que no outro. Assim, em um circuito de corrente alternada, este dispositivo permite bloquear o fluxo de corrente em um sentido e, desta forma, retificar a corrente, ou seja, ela deixa de ser corrente alternada e passa a ser corrente contínua com polos negativos e positivos.

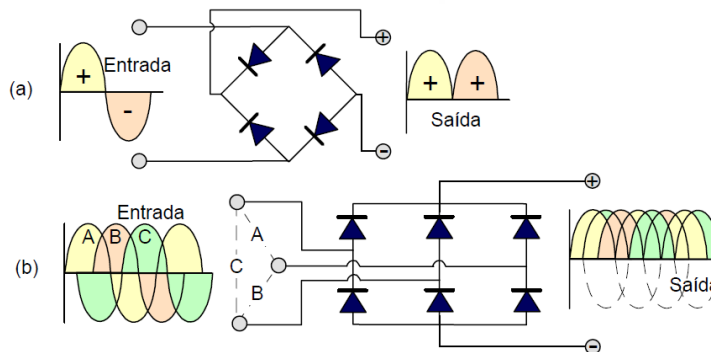


Figura 2: Exemplos de pontes retificadoras para circuitos (a) monofásicos e (b) trifásicos

(Fonte: Livro: Soldagem Fundamentos e Tecnologia – página 69.)

Retificadores Tiristorizados: também conhecidos como retificador controlado de silício (SCR), pode ser considerado como um tipo de diodo chaveado. A condução de corrente no sentido de baixa resistência elétrica do SCR só se inicia quando um pequeno sinal é enviado a uma conexão adicional do dispositivo que atua como um gatilho. Uma vez disparado, o dispositivo continua a conduzir a corrente até que esta se anule ou o seu sentido se inverta. SCRs podem ser usados em substituição aos retificadores comuns após o transformador de uma fonte de corrente contínua. Para regular a saída desta fonte, o momento de disparo do gatilho é controlado a cada meio ciclo de corrente.

As vantagens do controle por SCR são a sua simplicidade, robustez e a possibilidade de controle da saída de corrente da fonte com pequenos sinais eletrônicos.

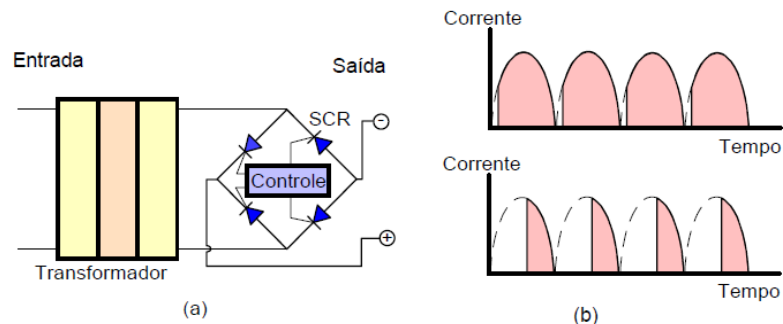


Figura 3: (a) Diagrama esquemático de uma fonte tiristorizada monofásica e (b) Efeito do tempo de disparo do tiristor na forma de onda da corrente de saída.

(Fonte: Livro: Soldagem Fundamentos e Tecnologia – páginas 73 e 74.)

Inversores de Frequência: Nessas fontes, a corrente alternada da rede é retificada diretamente, e a corrente contínua de tensão elevada é convertida em corrente alternada de alta frequência (5 a 50 kHz, ou mais) através do inversor. Devido à sua elevada frequência, a tensão pode ser reduzida eficientemente com um transformador de pequenas dimensões.

Uma fonte de energia inversora terá um transformador bem menor quando se comparado com um transformador de uma fonte de energia retificadora, mas com a mesma potência para soldagem, devido a isso, diminuindo as dimensões dos equipamentos.

Vantagens: substituição de variadores mecânicos, substituição de variadores eletromagnéticos, automatização e maior flexibilidade dos processos fabris, comunicação avançada e aquisição de dados, eliminação de elementos de partida pesada e complicada, instalação mais simples, aumento da vida útil do maquinário, evita choques mecânicos (trancos) na partida, redução do nível de ruído, maior portabilidade do equipamento.

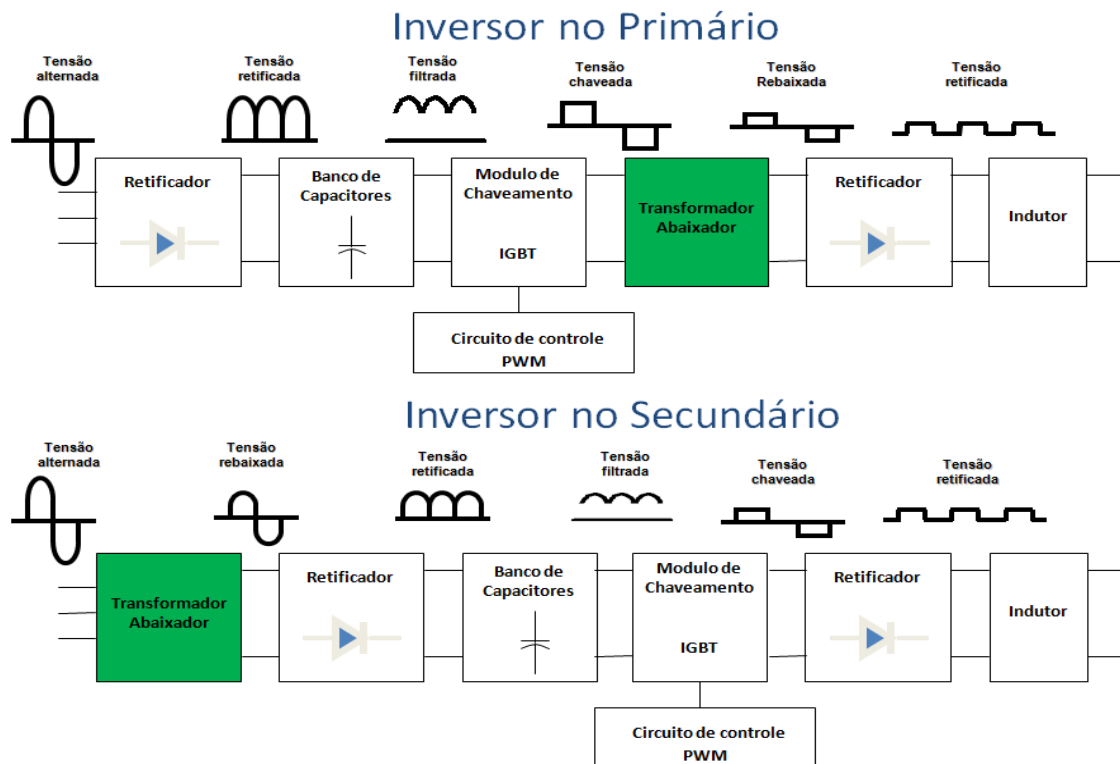


Figura 4: Diagrama esquemático de uma fonte inversora (a) Inversor no primário e (b) inversor no secundário.

(Fonte: Treinamento ESAB – Treinamento Técnico de Equipamentos Standard_rev00 – páginas: 89 e 92.)

3 – Comparação entre as dimensões de alguns equipamentos, tais como, Transformadores, Retificadores e Inversores

Conforme podemos observar nas imagens nas tabelas 1, 2 e 3, de acordo com que as fontes de energia para soldagem foram sendo modernizada, isso graças aos avanços tecnológicos, as dimensões das fontes de energia também diminuiram, mas sem diminuir sua potência.

Outro fator importante que surgiu com o avanço tecnológico que será enfatizado nos tópicos seguintes, foram os recursos eletrônicos que facilitam o processo de soldagem, diminuição do consumo de energia elétrica, diminuição do desperdício de consumíveis e uma facilidade maior de abertura e reabertura de arco voltaico para soldadores iniciantes.




Tabela 1: Comparativo entre a diferença de dimensões de uma Fonte de Energia Transformador (Super Bantam 256) simples à esquerda e uma Fonte de Energia Inversora (LHN 220i) à direita.

	
<p>Fonte de energia – Transformador (Simples) 250A @ ?%</p>	<p>Fonte de energia – Inversora 200A @ 20%</p>

Tabela 2: Comparativo entre a diferença de dimensões de uma Fonte de Energia Retificadora (Origo Arc 426) abaixo e uma Fonte de Energia Inversora (Origo Arc 3000i) em cima da Origo Arc 426.

	
<p>Fonte de energia Origo Arc 426 – Retificadora 200A @ 100%</p>	<p>Fonte de energia Origo Arc 3000i – Inversora 200A @ 100%</p>

Tabela 3: Comparativo entre a diferença de dimensões de um transformador de uma Fonte de Energia Retificadora (Smashweld 408) à direita e uma Fonte de Energia Inversora (Multiprocesso Warrior 500i) à esquerda.

	
<p>Fonte de energia Warrior 500i – Inversora 500A @ 60%</p>	<p>Fonte de energia Smashweld 408 – Retificador 400A @ 60%</p>
	
	
<p>Fonte: Fotos pessoais – Centro Técnico da Engesolda</p>	

Fontes de Energia para Soldagem que não possuem Voltímetro/Amperímetro digital têm a desvantagem de não ser possível realizar a calibração da fonte de energia.

4 - Ciclo de trabalho e/ou Fator de Trabalho da Fonte de Energia

É a relação entre o período em que o equipamento está com o arco aberto (soldando) em um determinado período de tempo.

Conforme norma NEMA (National Electrical Manufacturers Association – Associação Nacional de Fabricantes de Materiais Elétricos), este período é baseado numa faixa de 10 minutos e é representado em porcentagem (%).

$$I_1^2 \times FT_1 = I_2^2 \times FT_2$$

Como Calcular:

I_1^2 : Corrente (A) de saída do equipamento (valor conhecido);

FT_1 : Ciclo de trabalho em % da fonte de energia fornecido pelo fabricante (valor conhecido);

I_2^2 : Corrente (A) de saída do equipamento (**valor procurado**);

FT_2 : Ciclo de trabalho em % da fonte de energia (**valor dado/referencia/procurado**).

Exemplo:

Um determinado fabricante especifica em seu catálogo que, sua fonte de energia tem um ciclo de trabalho de 200A @ 100%, porém a corrente máxima de saída da fonte é de 425A.

Eu vou realizar uma solda e a corrente de soldagem utilizada será de 300A. Qual será o meu Fator de Trabalho para essa fonte de energia?

$$FT_2 = \frac{I_1^2 \times FT_1}{I_2^2} = \frac{200^2 \times 100\%}{300^2} = 44\%$$

Resposta: Portanto se eu utilizar uma corrente de 300A, eu poderei ficar 4,4 minutos com o arco aberto (soldando) e 5,6 minutos com o arco apagado, mas com a fonte ligada para que ocorra a refrigeração dos componentes internos. Se a fonte for desligada, o tempo para que o resfriamento será bem maior, isso porque não ocorrerá a refrigeração forçada.

5 - Eficiência elétrica

Potência: simplificadamente, podemos dizer que é a capacidade de consumo de um aparelho elétrico. A potência vem escrita nos manuais dos aparelhos, sendo expressa em watts (W) ou quilowatts (kW), que corresponde a 1000 watts.

Energia: simplificadamente é a quantidade de eletricidade utilizada por um aparelho elétrico ao ficar ligado por certo tempo. Tem como unidades mais usuais o quilowatt-hora (kWh) e o megawatt-hora (MWh).

Além da energia ativa, existe outro tipo de energia elétrica, denominada energia reativa. Essa é uma energia diferente: embora não se possa classificá-la de inútil, não realiza trabalho útil e produz perdas por provocar aquecimento nos condutores. A energia reativa tem como unidades de medida usuais o VARh e o kVARh (que corresponde a 1000 VARh) e a potência reativa a unidade de VAR ou kVAR.

Energia Reativa: Para fazer os motores, transformadores e outros equipamentos com enrolamentos funcionarem, são necessários à energia ativa e a energia reativa. A

energia reativa produz o fluxo magnético nas bobinas dos equipamentos, para que os eixos dos motores possam girar. Já a energia ativa é aquela que executa de fato as tarefas, fazendo os motores girarem para realizar o trabalho do dia-a-dia. Apesar de necessária, a utilização de energia reativa deve ser a menor possível. O excesso de energia reativa exige condutor de maior seção e transformador de maior capacidade, além de provocar perdas por aquecimentos e queda de tensão.

FATOR DE POTÊNCIA: É um índice que relaciona a energia ativa e reativa de uma instalação elétrica, sendo um dos principais indicadores de eficiência energética. O fator de potência próximo a 1 indica pouco consumo de energia reativa em relação à energia ativa. Uma vez que a energia ativa é aquela que efetivamente executa as tarefas, quanto mais próximo da unidade for o fator de potência, maior é a eficiência da instalação elétrica.

Fator de Potência (eficiência elétrica do equipamento) ou $\cos \phi$: é a relação entre a Potência Ativa medida em kW (gerada pela fonte de energia) e a Potência Aparente medida em kVA (energia consumida da rede elétrica).

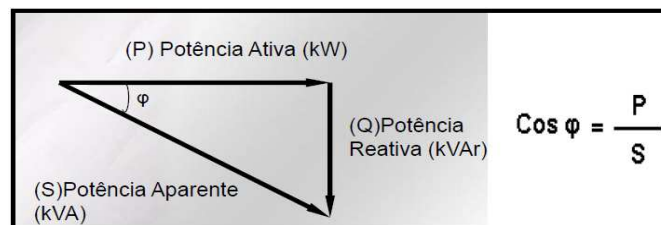


Figura 5: Triângulo de Potência

(Fonte: Treinamento Lincoln – Eletrotécnica Nova – página: 21)

Para se ter o valor real da eficiência elétrica, deve-se medir com um Wattímetro a potência (kVA) que a fonte está consumindo da rede elétrica e a potência ativa (kW) que está sendo gerada pela fonte de energia em trabalho (soldando). Quando se divide a Potência Ativa medida pela Potência Aparente medida, acha-se a Eficiência Elétrica da fonte de energia.

Veja os exemplos abaixo mostrando relações entre as potências ativas de 100 kW e dois diferentes níveis de energia reativa nos casos de fatores de potência de 0,7 e 0,92. Veja que a potência total requerida no caso de fator de potência 0,7 - 143KVA - é maior que a potência total requerida para fator de potência 0,9 - 109KVA - para a mesma energia ativa:

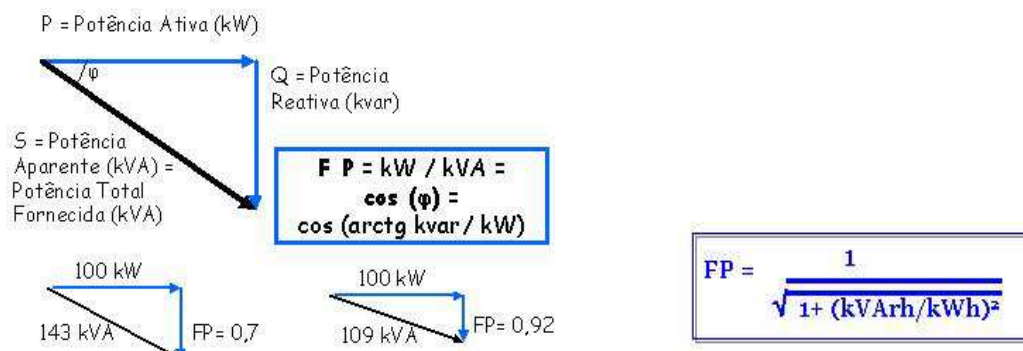


Figura 6: Triângulo de Potência e fórmula para cálculo do $\cos \phi$

(Fonte: <https://www.aeseletropaulo.com.br/para-seu-negocio/informacoes/conteudo/energia-reativa> (16/02/2014 - 14:02))

Devido ao fato de que a potência ativa é (ideal) igual à potência de soldagem e que a potência aparente é igual a potência de ligação da fonte de alimentação, um $\cos \varphi$, de cerca de uma licença de utilização da rede de alimentação.

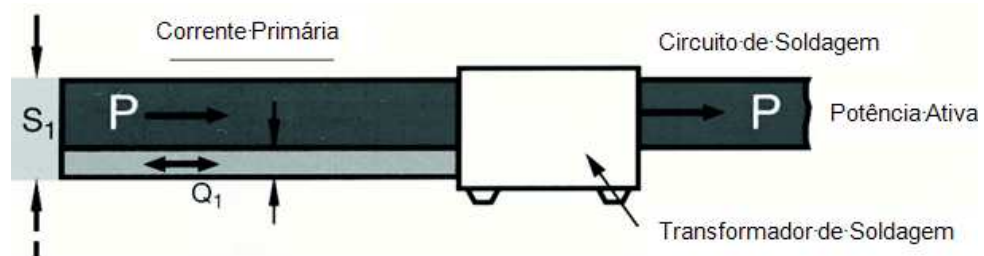


Figura 7: Fonte de energia transformadora alimentada por uma tensão de 110 V.
(Fonte: Tradução da EWE-1 /1.5 – 1.6 Electrical Engineering, a review I and II. Página: 14.)

No exemplo de um transformador ideal com uma eficiência de 100% (sem perdas térmicas), uma relação de $n=100$ e $\cos \varphi = 0,84$ está ligado a uma fonte de alimentação com $U = 100V$

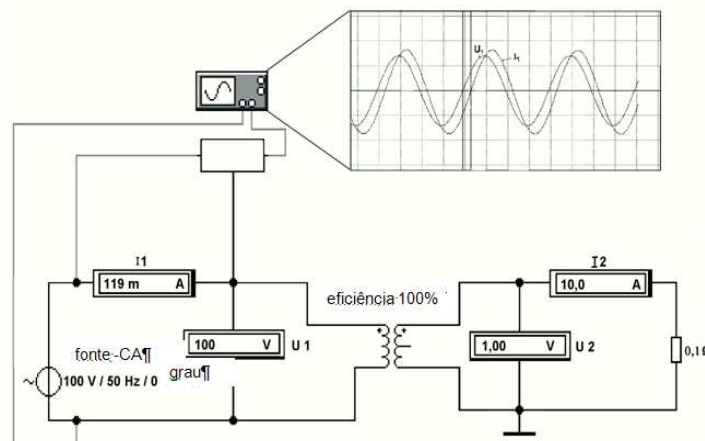


Figura 8: Alimentação em Circuito-CA e cálculo do $\cos \varphi$.
(Fonte: Tradução da EWE-1 /1.5 – 1.6 Electrical Engineering, a review I and II. Página: 12.)

A energia elétrica que é convertida em térmica na resistência do circuito secundário pode ser calculada da seguinte forma:

$$P = I^2 \cdot R = (10 \text{ A})^2 \cdot 0,1 \Omega = 10 \text{ W} \quad P \text{ potência real [W]}$$

Ou $P = I \cdot U = 10 \text{ A} \cdot 1 \text{ V} = 10 \text{ W}$

O consumo de energia de transformadores (primário) é:

$$S = U \cdot I = 100 \text{ V} \cdot 0,119 \text{ A} = 11,9 \text{ VA} \quad S \text{ potência aparente [VA]}$$

Portanto o $\cos \varphi$ é:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{10,0 \text{ W}}{11,9 \text{ VA}} = 0,84$$

este valor resulta em uma mudança de fase entre corrente e tensão: $\cos \varphi = 0,84 = \varphi = 32^\circ$

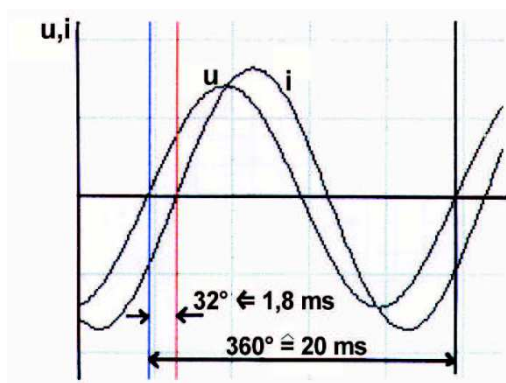


Figura 9: Mudança do ângulo (φ) da fase.

(Fonte: Tradução da EWE-1 /1.5 – 1.6 Electrical Engineering, a review I and II. Página: 14.)

LEGISLAÇÃO E FATURAMENTO: A Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL – determina que o fator de potência deva ser mantido o mais próximo possível da unidade; porém permite um valor mínimo de 0,92, indutivo ou capacitivo, correspondente a certo valor de energia reativa consumida. À medida que o fator de potência decresce, temos valores maiores, correspondentes à energia reativa consumida, ainda que a energia ativa consumida permaneça constante.

Se o fator de potência medido nas instalações do consumidor for inferior a 0,92, será cobrado o custo do consumo reativo excedente, decorrente da diferença entre o valor mínimo permitido e o valor calculado no ciclo.

Tabela 4: Percentual de multa ao consumo de energia elétrica com eficiência elétrica menor do que 0,92.

Fp medido	0,92	0,90	0,86	0,82	0,78	0,74	0,70	0,66	0,62	0,58	0,54	0,50
Acréscimo Percentual na conta	0%	2%	7%	12%	18%	24%	31%	39%	48%	59%	70%	84%

(Fonte: Energia Reativa – O que os nossos clientes precisam saber para reduzir os custos com energia – páginas 2 a 4.

http://servicos.cosern.com.br/Media/pdf/cartilhas-educativas/06_-_Livreto_Energia_Reativa-WEB.pdf - (16/02/2014 - 12:50)).

Efeitos do baixo fator de potência: Um baixo fator de potência demonstra que a energia está sendo mal aproveitada pela unidade consumidora e pode trazer os seguintes riscos e prejuízos:

- Variações de tensão que podem provocar queimas de equipamentos elétricos;
- Condutores aquecidos;
- Perdas de energia;

- Redução do aproveitamento da capacidade de transformadores;
- Quanto mais baixo o fator de potência, mais cara a conta de energia.

Benefícios da correção do fator de potência:

- As variações de tensão diminuem;
- Os condutores tornam-se menos aquecidos;
- As perdas de energia são reduzidas;
- A capacidade dos transformadores alcança melhor aproveitamento;
- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Utilização racional da energia consumida;
- Desaparecimento do consumo de energia reativa excedente, que é cobrado na conta.

Se o fator de potência (eficiência elétrica) medido nas instalações do consumidor for inferior a 0,92 será cobrado custo do consumo reativo excedente (conforme art. 66 da Resolução 456, de 29 de novembro de 2000), decorrente da diferença entre o valor mínimo permitido e o valor calculado no ciclo. O custo excedente é obtido pela seguinte fórmula:

$$FER = CA \times \left(\frac{FP_r}{FP_m} - 1 \right) \times TCA$$

Figura 10: Cálculo do custo excedente ao consumo de energia elétrica com eficiência elétrica menor do que 0,92.

(Fonte: RESOLUÇÃO ANEEL Nº 456, DE 29 DE NOVEMBRO DE 2000
(ANEEL_art_456_2000) Página: 37.
<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bres2000456.pdf> 17/02/2014 14:16)

onde,

FER = valor do faturamento total correspondente ao consumo de energia reativa excedente à quantia permitida pelo fator de potência de referência, no período de faturamento;

CA = consumo de energia ativa medida durante o período de faturamento.

FP_r = fator de potência de referência igual a 0,92;

FP_m = fator de potência indutivo médio das instalações elétricas da Unidade Consumidora, calculado para o período de faturamento;

TCA = tarifa de energia ativa, aplicável ao fornecimento.