

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA POR MEIO DA UTILIZAÇÃO DE BANCO DE CAPACITORES

ENERGY EFFICIENCY: CORRECTION OF FACTOR OF POTENCY THROUGH THE USE OF BANK OF CAPACITORS

VITOR PEREIRA JÚNIOR<sup>1\*</sup>, ÍTALO LEONARDO MARTON<sup>2</sup>

1. Aluno do curso de graduação em Engenharia Elétrica da UNINGÁ – Centro Universitário Ingá; 2. Professor assistente do curso de Engenharia Elétrica da UNINGÁ – Centro Universitário Ingá.

\* Avenida Presidente Wenceslau Brás, 126, Centro, Astorga, Paraná, Brasil. CEP: 86730-000. [vittor\\_junior@hotmail.com](mailto:vittor_junior@hotmail.com)

Recebido em 23/09/2016. Aceito para publicação em 16/11/2016

## RESUMO

Equipamentos, tais como transformadores e motores elétricos de indução, são grandes consumidores parciais de energia reativa e ativa. A junção de energia ativa e reativa é conhecida como energia total ou aparente. Da relação de energia ativa e energia aparente, surge o termo conhecido como fator de potência. A correção do termo conhecido como fator de potência realizada através da introdução de capacitores aos circuitos elétricos está se tornando uma área de grande atenção por parte de engenheiros, projetistas, consumidores e concessionárias de energia elétrica, pois o capacitor é uma fonte simples e barata de energia reativa. Quando a correção do fator de potência é feita de maneira correta, obtém-se resultados satisfatórios na racionalização do uso de energia elétrica, durabilidade dos equipamentos e principalmente a redução significativa na fatura mensal da mesma. Nessa perspectiva, o presente trabalho será desenvolvido com o objetivo de demonstrar os resultados obtidos na aplicação do método de correção de fator de potência em instalações que consomem quantidade de energia reativa acima do permitido pela ANEEL.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fator de potência, energia ativa, energia reativa, banco de capacitores.

## ABSTRACT

Equipments, such as transformers and electric motors of induction, they are great partial consumers of energy reactivates and active. The junction of active energy and it reactivates is known as energy total or apparent. Of the relationship of active energy and apparent energy, the known term appears as potency factor. The correction of the known term as potency factor accomplished through the introduction of capacitors to the electric circuits is becoming an area of great attention on the part of engineers, planners, consumers and electric power dealerships, because the capacitor is a simple and cheap source of energy reactivates. When the correction of the potency factor is made in a correct way, it is obtained satisfactory results in the rationalization of the electric power use, durability of the

equipments and mainly the significant reduction in the monthly invoice of the same. In that perspective, the present work will be developed with the objective of demonstrating the results obtained in the application of the method of correction of potency factor in facilities that consume amount of energy reactivates above allowed him it by ANEEL.

**KEYWORDS:** Factor of potency, energy activates, energy reactivates, bank of capacitors.

## 1. INTRODUÇÃO

No atual mercado brasileiro de energia elétrica, muito se fala em eficiência energética. Porém, para o consumidor final a ideologia de eficiência energética está limitada apenas em realizar as substituições de equipamentos que antes consumiam mais energia por um equipamento mais moderno e de baixo consumo.

Sabemos que eficiência energética, está agregada a vários fatores que colaboram para que a energia elétrica seja utilizada em grande escala da melhor maneira econômica possível.

A correção do fator de potência, é considerada dentre estes fatores um método de eficiência energética, pois esta quando sendo realizada de maneira correta garante não só ao cliente como também a concessionária que lhe fornece a energia elétrica resultados satisfatórios e econômicos.

Motores, transformadores e outros equipamentos que compõem uma instalação elétrica tem como força a energia elétrica, que é utilizada de duas maneiras distintas, a energia ativa e reativa<sup>1</sup>.

A energia reativa não é utilizada para a realização de trabalho, mas é necessária e consumida na geração do campo magnético, responsável pelo funcionamento de transformadores, motores e geradores<sup>1</sup>.

Já a energia ativa é a que realmente é convertida em trabalho e garante o funcionamento dos equipamentos. A composição destas duas formas de energia, ativa e reativa, resulta na energia total ou aparente.

O fator de potência é a razão entre a potência ativa e a potência aparente. Ele indica a eficiência do uso da energia. Um alto fator de potência indica uma eficiência alta e inversamente, um fator de potência baixo indica baixa eficiência energética. Um triângulo retângulo é frequentemente utilizado para representar as relações entre energia ativa, reativa e aparente<sup>2</sup>.

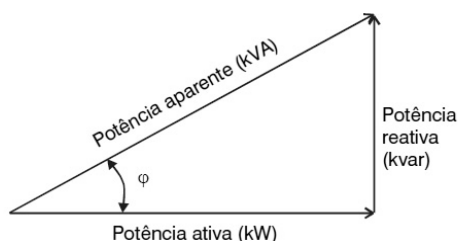


Figura 1. Triângulo Retângulo de Potências.

O fator de potência de deslocamento de referência, conhecido pela sigla FR, tem como limite mínimo permitido para consumidores dos grupos A e B conectados a redes de energia com nível de tensão inferior a 69Kv, o valor de 0,92, indutivo ou capacitivo. Já para consumidores conectados a redes com nível de tensão superior a 69Kv, a ANEEL determina como valor mínimo permitido o de 0,95 indutivo<sup>3</sup>.

Se o valor medido, for abaixo do mínimo exigido, o cliente recebe em sua fatura de energia, um acréscimo em reais, como forma de punição pelo mau uso do sistema de distribuição de energia<sup>1</sup>, já que tendo em vista que um baixo fator de potência acarreta vários problemas, não só ao consumidor, como também a concessionária responsável pela distribuição da energia elétrica, problemas estes como, aumento das perdas elétricas nas instalações, auto custo com condutores que devido ao mau dimensionamento da instalação devem ter grandes bitolas, sub - utilização da capacidade instalada<sup>2</sup>.

Hoje, uma forma econômica e racional de se obter a energia reativa necessária para a operação adequada dos equipamentos é a instalação de capacitores próximos desses equipamentos<sup>2</sup>. A grande utilização deste método é devido aos capacitores estáticos serem equipamentos de baixo custo, dimensões reduzidas e de fácil instalações. Os capacitores ao serem introduzidos nas instalações, operam permutando a energia reativa acumulada por eles com as cargas indutivas, assim, grande parte da energia reativa que antes era fornecida pela concessionária, passa a ser fornecida pelo capacitor<sup>4</sup>.

Existem sistemas que permitem a correção automática do fator de potência, são geralmente utilizados para correção global das instalações ou de forma localizada, atuando sobre um específico equipamento. O banco de capacitores com controle automático atua considerando o suprimento de energia reativa e capacitiva conforme a necessidade momentânea da instalação e promovendo assim o controle dinâmico do fator de potência, aplican-

do ou retirando células capacitivas ao sistema<sup>4</sup>.

Com o avanço da tecnologia e conseqüentemente da eletrônica de potência, inúmeros equipamentos de alto rendimento vem sendo desenvolvidos. Por um lado este avanço tecnológico é muito satisfatório, contrapartida, estes equipamentos atuam emitindo grandes distorções harmônicas na corrente e tensão das instalações. Distúrbios este geralmente produzidos pela operação de cargas não lineares, equipamentos que operam por meio da produção de arcos elétricos e dispositivos ferromagnéticos<sup>4</sup>.

Harmônicas são frequências múltiplas da frequência fundamental, e na prática observa-se uma única forma de onda distorcida<sup>2</sup>.

A tarefa de corrigir o fator de potência em uma rede elétrica com harmônicas é mais complexa, pois as harmônicas podem interagir com os capacitores causando fenômenos de ressonância<sup>2</sup>.

Quando detectada a presença de harmônicas nas instalações elétricas, o mesmo deve ser corrigido para que não venha a ter o comprometimento do funcionamento do sistema de banco capacitores, a correção é feita através da utilização de indutores anti-harmônicos<sup>2,4</sup>.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O cálculo do fator de potência pode ser realizado de duas formas, por meio da avaliação mensal, com dados de energia ativa e reativa medidos durante um ciclo de faturamento ou por meio da avaliação horária, onde a energia ativa e reativa é medida em ciclos horários, assim obtendo os valores de energia indutiva e capacitiva<sup>5</sup>.

Por análise ao triângulo de potência, conseguimos retirar as seguintes equações.

$$FP = \frac{kW}{kVA} = \cos \varphi = \cos \left( \arctan \frac{kvar}{kW} \right)$$

$$FP = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kvarh^2}}$$

Onde:

- FP - Fator de Potência;
- P - Potência Ativa, expressa em kW;
- Q - Potência Reativa, expressa em kVAr;
- S - Potência Aparente, expressa em kVA;
- φ - Ângulo de defasagem entre tensão e corrente;

Em linhas gerais, para a correção do fator de potência através do uso de capacitores, calcula-se a potência capacitiva necessária por meio das seguintes expressões.

$$Q_{CAPACITOR} = Q - [P \cdot tg(\varphi_2)]$$

$$Q_{CAPACITOR} = [(P \cdot tg(\varphi_1)) - (P \cdot tg(\varphi_2))]$$

$$P \cdot [tg(\varphi_1) - tg(\varphi_2)] = P \cdot [tg(ar\ cos(FP_1)) - tg(ar\ cos(FP_2))]$$

Onde:

Qcapacitor - Potência necessária em capacitores (kVAr);

P - Potência ativa demandada pela carga (kW);

Q - Potência reativa indutiva demandada pela carga (kVAr);

$\varphi_1$  - Ângulo relativo ao fator de potência antes da correção;

$\varphi_2$  - Ângulo relativo ao fator de potência requerido após a correção;

FP1 - Fator de potência antes da correção;

FP2 - Fator de potência requerido após a correção;

Tendo em mãos as equações, foi possível dimensionar o banco de capacitor necessário para a correção do fator de potência.

Para fins de pesquisa, será utilizada uma empresa já em atividade localizada no município de Astorga, norte do Paraná. O proprietário da empresa forneceu suas 6 últimas faturas de energia elétrica emitidas pela concessionária responsável pela distribuição de energia elétrica, neste caso COPEL, portanto, o critério a ser utilizado para a realização dos cálculos, foi o método da avaliação mensal.

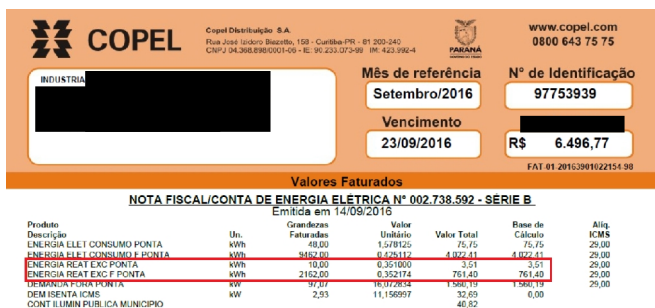


Figura 2: Fatura de energia elétrica demonstrando os excedentes pagos pelo consumidor devido a não realização da correção do Fator de Potência

Tendo em mãos as faturas e comprovando as multas cobradas pela concessionária, torna-se possível o cálculo do fator de potência a ser corrigido. Através da área de acesso restrito ao cliente no site da concessionária é possível ter acesso aos dados técnicos e medições dos índices de energia no local das instalações, dados esses necessários para a realização do dimensionamento do banco de capacitores a ser utilizado para a realização da correção do fator de potência.

O banco de capacitores será instalado em baixa ten-

são, devido as instalações possuir elevados números de cargas com potências diferentes e regime de utilização pouco uniformes<sup>6</sup>.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após realizar a interpretação dos dados emitidos pela concessionária com medições realizadas em ciclos de 60 minutos em um intervalo de 10 dias, foi observado o dia com maior índice de consumo de energia ativa e reativa e coletado os valores para fins de estudo.

Potência Ativa = 63,696 kW

Potência Reativa = 52,704 kVAr

22/08/2016 05:00:00	0,024	0,204
22/08/2016 06:00:00	2,172	3,96
22/08/2016 07:00:00	2,076	2,664
22/08/2016 08:00:00	26,52	23,172
22/08/2016 09:00:00	48,816	39,912
22/08/2016 10:00:00	39,804	31,992
22/08/2016 11:00:00	8,10	10,668
22/08/2016 12:00:00	44,472	44,868
22/08/2016 13:00:00	47,604	44,40
22/08/2016 14:00:00	54,024	45,876
22/08/2016 15:00:00	63,696	52,704
22/08/2016 16:00:00	33,948	28,764
22/08/2016 17:00:00	20,304	20,64
22/08/2016 18:00:00	42,192	35,472
22/08/2016 19:00:00	0,06	0,024
22/08/2016 20:00:00	0,06	0,024
22/08/2016 21:00:00	0,06	0,024
22/08/2016 22:00:00	0,072	0,024
22/08/2016 23:00:00	0,06	0,024
23/08/2016 00:00:00	0,072	0,024
23/08/2016 01:00:00	0,06	0,036
23/08/2016 02:00:00	0,06	0,024

Figura 3: Parte da planilha de dados emitida pela concessionária.

Com os dados fornecidos na planilha, torna-se possível a realização dos cálculos de dimensionamento do banco de capacitores a ser instalado no sistema para a correção do fator de potência.

$$Q_{capacitor} = Q - [P \cdot tg(ar\ cos(\varphi_2))]$$

$$Q_{capacitor} = 52,704\text{kVAr} - [63,696\text{kW} \cdot tg(ar\ cos(0,95))]$$

$$Q_{capacitor} = 31,768\text{kVAr}$$

Assim temos que o banco de capacitores necessário para a realização da correção do fator de potência deverá ser composto por um capacitor de 31,768kVAr.

A utilização deste capacitor tende a corrigir e manter o fator de potência em 0,95 capacitivo ou indutivo, de acordo com os períodos do dia.

Através da tabela emitida pela concessionária também foi possível acompanhar os períodos de utilização do sistema em qual o fator de potência necessita ser corrigido, período este identificado como o horário que a

empresa está em funcionamento, das 08:00 as 18:00 horas, após este horário o fator de potência permanece em estado considerado ideal, próximo a 0,95. Portanto, para que o cliente não pague excedentes capacitivos no horário que a empresa não esteja em funcionamento, o banco de capacitores deverá ser desligado, não necessitando da correção do fator de potência para este período.

#### 4. CONCLUSÃO

Com a presente pesquisa foi possível destacar a real importância da correção do fator de potência e seus benefícios, os resultados demonstrados são extremamente satisfatórios tanto para o cliente quanto para a concessionária responsável pelo fornecimento da energia elétrica.

Vale ressaltar dos custos da implantação do sistema, para o sistema acima dimensionado estima-se um custo de R\$ 1.200,00. O custo da implantação do sistema considerando que o cliente terá a redução em média de R\$ 760,00 referente aos excedentes de um fator de potência não corrigido do mês utilizado como análise, o cliente recuperará o investimento feito em pouco mais de 1 mês.

Para garantir a funcionalidade e precisão do banco de capacitores, levamos em consideração as indicações de faturamento e leituras feitas pela concessionária.

De acordo com a legislação em vigor, o fator de potência é monitorado pela medição da concessionária de energia elétrica hora a hora, devendo estar corrigido a cada período horário ao longo de um ciclo completo de faturamento (aproximadamente um mês) para que se evitem ônus adicionais nas contas de energia; todavia, para o cálculo de cada valor horário, utilizam-se valores médios horários das grandezas elétricas calculadas a cada segundo cheio; sendo assim, embora no período de 1 hora possam haver intervalos de tempo em que o FP esteja insatisfatório e, ainda assim, ser registrado um FP horário satisfatório, a garantia plena e absoluta de correção estará assegurada perante a manutenção de um patamar acima do valor de referência a cada segundo (acima de 0,95 indutivo ou capacitivo, dependendo do período do dia).

#### REFERÊNCIAS

- [01] COPEL. Fator de potência: Como transforma-lo em um fator de economia. 2002.
- [02] WEG. Manual para Correção do Fator de Potência. v. 1, n. 1, p. 1, 2016
- [03] ANEEL. Resolução Normativa N° 414/2010. 2012.
- [04] César M, Silva I. Correção do fator de potência de cargas industriais com dinâmica rápida. 2009.
- [05] Niskier J, Macintyre AJ. Instalações Elétricas. 6ª. ed. Rio de Janeiro: [s.n.].
- [06] Pinto M. Energia Elétrica - Geração, Transmissão e Sistemas Interligados. 1ª. ed. Rio de Janeiro: [s.n.].