

## Eficiência energética em instalações com o controle da tensão

**Por: Eng Jose Starosta, Msc.  
Ação Engenharia e Instalações / ABESCO/DEINFRA-FIESP  
jstarosta@acaoenge.com.br**

Instalações elétricas eficientes, notadamente aquelas relacionadas às plantas industriais e complexos comerciais são classicamente relacionadas à operação com perdas elétricas reduzidas, isto é, com as perdas Joule minimizadas e relacionadas ao controle da relação  $RI^2$ , nas etapas de projeto, o operação e manutenção, outras otimizações também são efetuadas como os cuidados nos circuitos magnéticos dos motores e transformadores. De fato, a redução da corrente reduz as perdas nos enrolamentos dos transformadores, motores e circuitos de alimentação (perdas cobre ou em carga) e esta redução pode ser obtida, por exemplo, com a compensação e redução adequada da potencia reativa. A redução de correntes harmônicas também reduzem as perdas e podem ser obtidas com o uso de filtros passivos ou ativos.

O ponto hora tratado considera a eficiência energética que pode ser obtida com o ajuste adequado dos níveis de tensão de operação dos barramentos de alimentação das cargas e equipamentos e em função da característica da carga, este fator possui maior ou menor importância. Nos casos específicos de cargas de impedância constante (acionamentos e inversores), o consumo de energia é proporcional à tensão ao quadrado, e esta característica assume elevada importância. Na medida em que os barramentos possam ter controladas suas tensões de operação, maior é o potencial de economia de energia.

O equacionamento do modelo das cargas foi também apresentado na referência consultada [1] como:

$$P = P_0 \left( a_p + b_p \frac{V}{V_0} + c_p \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right)$$

$$Q = Q_0 \left( a_q + b_q \frac{V}{V_0} + c_q \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right)$$

onde:

$a_p, a_q$  parcela da carga ativa/reactiva modelada como potência constante;

$b_p, b_q$  parcela da carga ativa/reactiva modelada como corrente constante;

$c_p, c_q$  parcela da carga ativa/reactiva modelada como impedância constante;

$$a_p + b_p + c_p = 1;$$

$$a_q + b_q + c_q = 1.$$

### Potencial elevado de economia

Os potenciais de eficiência energética são significativos nas situações:

- Operação de plantas em regime 24 horas/dia.
- Variações rápidas da carga provocando flutuações de tensão.
- Consumo de potência reativa.
- Transformadores dotados de TAP's.
- Presença de correntes harmônicas nas cargas.

### Determinação da energia economizada

A determinação da economia de energia decorre de simulações efetuadas em função de registros das variáveis elétricas obtidos de forma contínua onde são medidos a cada ciclo o comportamento das tensões das potências ativa e reativa, das correntes harmônicas e outras variáveis nos barramentos da instalação.

### Redução do consumo de energia com o controle da tensão.

A tensão de alimentação nos barramentos pode ser controlada mesmo com cargas extremamente variáveis. Normalmente as instalações são mantidas em regime de operação em tensões superiores às nominais de forma a garantir a operação dos equipamentos em casos de afundamentos de tensão por razões externas ou mesmo interna; tanto as fontes como as cargas possuem seus limites de operação e o compromisso em princípio seria manter uma faixa operacional adequada. A proposta de operação eficiente seria estreitar esta faixa em limites de operação com menor consumo de energia.

Curioso é que nem sempre uma modificação na planta que estaria associada a uma determinada ação de eficiência energética atinge o objetivo esperado. O sistema de compensação de energia reativa acima citado, e por melhor que seja, poderá promover uma operação com tensão maior que aquela que traria operação mais eficiente para a instalação. Neste caso, apesar da redução das correntes e perdas associadas, a elevação da tensão de operação acaba por aumentar o consumo de energia.

Com base na observação do comportamento dinâmico das fontes e cargas, o modelo proposto considera a simulação deste (novo) comportamento na busca do melhor ajuste para a tensão de operação do sistema. A partir das informações dos dados construtivos dos sistemas elétricos (impedâncias, distâncias, fontes e cargas) e das medições elétricas efetuadas com resolução adequada e em períodos significativos, é possível se efetuar simulações de comportamento que definirão o potencial de economia com a otimização da tensão de operação com ajustes de TAPs e outras medidas como a instalação de filtros ou compensadores.

### Resultados da simulação:

O gráfico da figura 1 apresenta o comportamento da potência ativa consumida por uma instalação comercial em função da tensão de alimentação. (As indicações em preto nos gráficos se referem aos valores medidos e em marrom aos valores simulados). Com a implantação de compensação reativa tempo real (tempo de resposta de 16 milissegundos) e redução da tensão de operação com manobra de TAPs; pode-se obter redução da potencia

ativa de 3% (redução da tensão em 2,5%) ou 7,5% (com a redução da tensão em 5%), constituindo-se como uma boa oportunidade de eficiência energética.

Alguns compromissos devem ser atingidos na simulação, observando durante a medição se houve perda de carga devido à tensão e garantir que no modelo simulado o comportamento da tensão manterá esta premissa. Devido a compensação reativa adequada e variação dos TAP dos transformadores pode-se obter neste caso, economia de energia em função das variáveis operacionais.



Figura 1 - Comportamento da Potência Ativa com variação da tensão de a limentação em instalação de grande complexo comercial [2]

Projetos em Implantação: Existem diversos projetos em implantação no Brasil e outros implantados no exterior com bons resultados a serem publicados oportunamente.

Referências:

- [1]- Neves, Marcelo Silva – dissertação de mestrado UFJF
- [2]- Elspec/Ação – relatórios de avaliação de Eficiência Energética
- [3]- Starosta, Jose – COBEE 2015