

# PROJETO DE UM BANCO DE CAPACITORES DE POTÊNCIA REATIVA FIXA COM FILTRO NOTCH

Liz Menichetti Marcello<sup>1</sup>, Silvio Xavier Duarte<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, Brasil  
liz.fei165@gmail.com, sduarte@fei.edu.br

**Resumo:** Este trabalho de iniciação científica teve como objetivo projetar um banco de capacitores considerando o estudo da presença de correntes harmônicas injetadas pelas cargas não lineares, situação que pode danificar o banco de capacitores projetado. O projeto de um filtro notch, também foi realizado a fim de reduzir a injeção de corrente harmônica da carga para a rede e adequar a capacidade do banco para suportar as solicitações em ambiente distorcido. Além do projeto, foram feitas simulações com uso do software PSIM para avaliar os resultados da instalação do banco com e sem a presença do filtro notch.

## 1. Introdução

Nas instalações elétricas a adição de cargas indutivas diminui o fator de potência (razão entre a potência ativa e a potência aparente) da instalação. Valor de fator de potência abaixo de 0,92, no Brasil, implica em baixa eficiência no uso do sistema elétrico. Para reduzir a potência reativa causada por cargas indutivas, instalam-se banco de capacitores junto às cargas dos consumidores. O dimensionamento do banco de capacitores para aumentar o valor fator de potência de deslocamento é feito através do triângulo das potências e considera apenas a frequência fundamental [1].

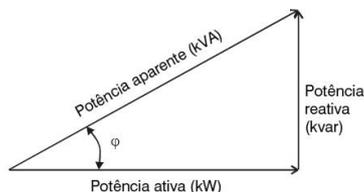


Figura 1 – Triângulo das potências

Em geral, é negligenciado quando se projeta bancos de capacitores, correntes harmônicas que encontram um caminho de baixa impedância através dos capacitores, o que pode impactar negativamente na sua vida útil, reduzindo-a. Com o aumento do uso de cargas não lineares (uso extensivo de semicondutores) a distorção harmônica está presente cada vez mais em todo o sistema elétrico de potência, principalmente em médias e baixa tensão. Assim, no projeto de banco de capacitores em consumidores com cargas não lineares, é necessário avaliar qual é o nível de injeção harmônica da instalação para a rede e avaliar a necessidade de projetar filtros para adequar as solicitações harmônicas sobre os bancos de capacitores [2] e reduzir a emissão de corrente harmônica para a rede. Entre as opções para atenuar o efeito de injeção de correntes harmônicas na rede, este artigo apresenta um estudo de caso referente

ao projeto de um banco de capacitores com uso de um filtro notch.

## 2. Metodologia

O dimensionamento do banco de capacitores para uma carga que produz harmônica envolve o projeto de um filtro notch [3], além do seu dimensionamento para a correção do fator de potência de deslocamento.

A filtragem deve começar pela menor frequência harmônica gerada pela carga. Em seguida, deve-se dimensionar o tamanho do filtro, relacionado com a potência reativa da carga corrigindo o fator de potência de deslocamento. O tamanho do reator é selecionado para sintonizar o capacitor na frequência desejada. No entanto, dependendo da frequência sintonizada, a tensão nominal do banco tem que ser maior que a tensão do sistema para permitir a elevação da tensão do reator.

Deve-se calcular os seguintes parâmetros:

- Reatância capacitiva e equivalente do filtro capacitivo;
- Reatância e indutância do reator;
- Frequência de ressonância (sintonia) desejada.

$$f_h = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C(Y)}} \quad (1)$$

Onde:

- $f_h$  - frequência de ressonância (sintonia) desejada,
- L – indutância do reator,
- C – capacitância do equivalente em estrela do banco de capacitores.

Em seguida obtém-se a corrente e a tensão do filtro de frequência fundamental. A máxima corrente harmônica no filtro possui duas componentes: a parcela produzida pela carga não-linear e a parcela resultante do lado da fonte de suprimento.

Uma avaliação dos requisitos de corrente eficaz total e valor da tensão de pico é realizada para verificar as solicitações sobre os capacitores do filtro com os padrões estabelecidos pela norma 18 – 1992 do IEEE (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos).

## 3. Resultados

O caso estudado obtido na referência [3] considerou a uma carga de 1200 kVA, com fator de potência de deslocamento 0,75 em atraso, com suprimento feito por um transformador de 1500 kVA com impedância de 6%. A correção do fator de potência para 0,96 indutivo resultou em um banco de capacitor com valor de 1720  $\mu$ F. A Figura 2 mostra o diagrama

implementado no PSIM para as simulações e avaliações para o projeto do filtro realizado.

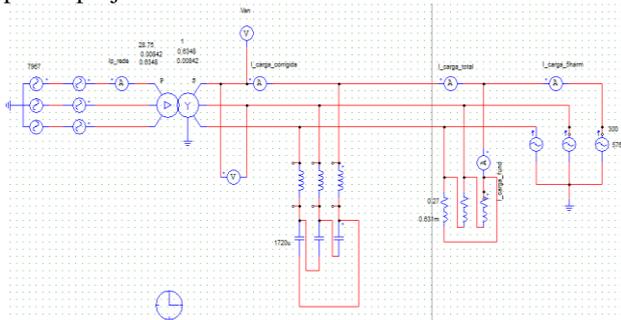


Figura 2 - Circuito com banco de capacitores e filtro notch

Foram realizadas as simulações como segue:

- simulação apenas com a carga não linear com a tensão  $V_{ab}$  e corrente total na carga, resultados mostrados na Figura 3.
- simulação com a carga não linear incluindo apenas o banco de capacitores sem uso de filtro notch com a tensão  $V_{ab}$ , a corrente total corrigida e a corrente no banco de capacitores, resultados mostrados na Figura 4.
- simulação com a carga não linear incluindo o banco de capacitores com o uso de filtro notch com a tensão  $V_{ab}$ , a corrente total corrigida e a corrente no banco de capacitores, resultados mostrados na Figura 5.

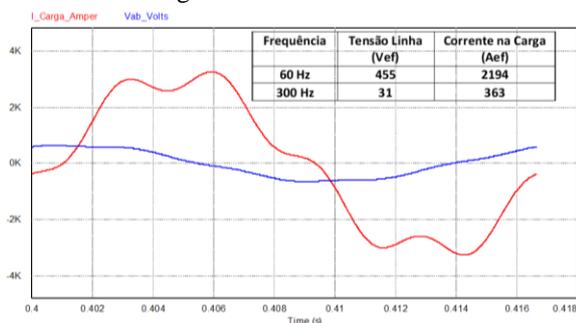


Figura 3 – Formas de onda (espectro) da tensão e corrente de carga sem banco de capacitores

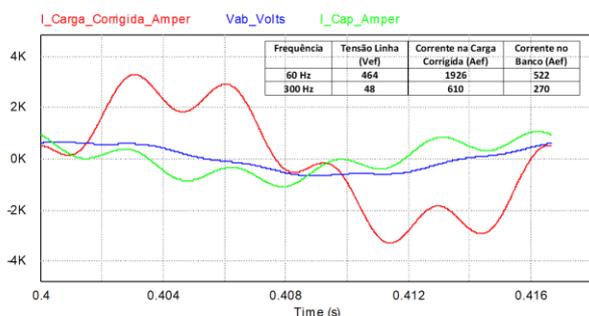


Figura 4 – Formas de onda (espectro) da tensão, corrente de carga corrigida e corrente no banco de capacitores

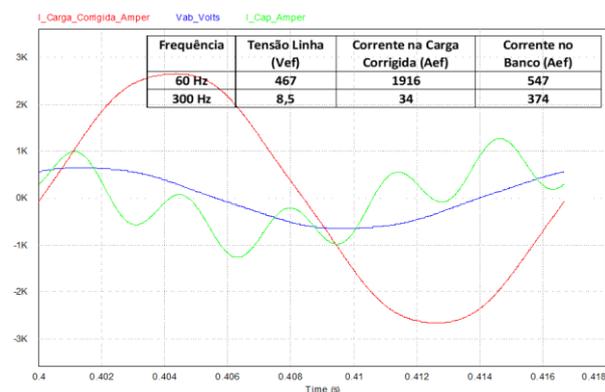


Figura 5- Formas de onda (espectro) da tensão, corrente de carga corrigida e corrente no banco de capacitores com filtro Notch

Nota-se que a componente de 5<sup>o</sup> harmônica injetada pela carga na rede passa de 363 A, sem o banco, para 610 A com o banco de capacitores, mas após a sintonia do filtro notch, a mesma se reduz a 34 A. Já o banco de capacitores, se não fosse considerado o estudo harmônico, não seria dimensionado para a componente de 270 A de 5<sup>o</sup> harmônica, que passa a 374 A com o filtro.

#### 4. Conclusões

O artigo mostrou que o projeto de banco de capacitores deve envolver o estudo e análise da injeção de correntes harmônicas na rede, quando essas estiverem presentes (cargas não lineares). Além disso, deve permitir dimensionar adequadamente os bancos de capacitores considerando a presença das harmônicas garantindo seu desempenho e não colocando em risco seu funcionamento.

Conforme evidenciaram os resultados das simulações, o uso do filtro notch permitiu corrigir o fator de potência da carga, dimensionando o banco adequadamente na presença de distorção e impediu a injeção de elevada corrente harmônica na rede e reduziu também a distorção na tensão.

#### 5. Referências

- IRWIN, J. David; NELMS, R. Mark. **Análise Básica de Circuitos para Engenharia**. Rio de Janeiro: 10. ed., LTC, 2017.
- LEÃO, R.; SAMPAIO, R.; ANTUNES, F. **Harmônicos em sistemas elétricos**. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2014.
- DUGAN, Roger C. et al. **Electrical Power Systems Quality**, 2 ed. US: McGraw-Hill Professional, 2012.

#### Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pelo apoio e ambiente criativo que proporciona. Ao professor Silvío Xavier Duarte, pela dedicação e orientação. A coordenação de engenharia elétrica, pela oportunidade de realização do projeto. À minha família, em especial à minha mãe e à Deus.

<sup>1</sup> Aluna de IC do Centro Universitário FEI, RA 12.219.082-0. Projeto com vigência de 11/18 a 10/19.