

MITIGAÇÃO DE SOBRETENSÃO E SOBRECORRENTE DE MANOBRAS EM BANCOS DE CAPACITORES

BRAGANÇA, Rafael Álvares

Professor Mestre; UNA Pouso Alegre
rafael.braganca@prof.una.br

SOARES, André

Professor Mestre; UNA Pouso Alegre
andr3s0ares@gmail.com

IZIDORO, Adriana Aparecida dos Santos

Professora Doutora; UNA Pouso Alegre
adriana.izidoro@prof.una.br

CAMPOSILVAN, Juliana Cortez de Sá

Professora Doutora; UNA Pouso Alegre
juliana.cortez@una.br

RESUMO SIMPLES

Este artigo visa abordar as metodologias adotadas em estudos de manobras em bancos de capacitores como o intuito de mitigar essas manobras. As análises foram realizadas via ATP (*Alternative Transient Program*). Sendo mostrado também as principais opções de limitação dos surtos em bancos e capacitores. O método utilizado foi o por inserção de resistores em série com o banco de capacitores.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação; Bancos de capacitores; Surtos de Manobras.

EIXO DE SUBMISSÃO: Engenharia Elétrica.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de bancos de capacitores em sistemas elétricos de um modo geral, para correção do fator de potência, é econômica, simples e eficaz. Sabendo que as variações de demanda por compensação de reativos na maioria dos casos são lentas, o que provoca um pequeno número de manobras diárias dos bancos de capacitores. Entretanto, a sua aplicação necessita de certos cuidados, pois podem ocorrer transitórios elevados e indesejados na rede.

A energização de um banco de capacitores provoca distúrbios transitórios oscilatórios resultando em sobretensões e sobrecorrentes que podem alcançar grandes valores de pico fase-terra e fase-fase. Devido a esses fatos alguns cuidados e atenção devem ser tomados, entre outros, quando se chaveia um banco de capacitores. Desta forma, observa-se a necessidade de estudos específicos sobre manobras de banco de capacitores para cada sistema elétrico. Neste trabalho é apresentado um estudo baseado na inserção de resistores em série com o banco de capacitores, com o intuito de mitigar

os níveis de sobretensões e sobrecorrentes advindas destas manobras, entretanto este trabalho verificou apenas as sobrecorrentes nessas manobras. Os principais fenômenos transitórios que podem aparecer no chaveamento de bancos de capacitores em sistemas elétricos: Sobretensões e surtos de corrente devido ao *inrush*.

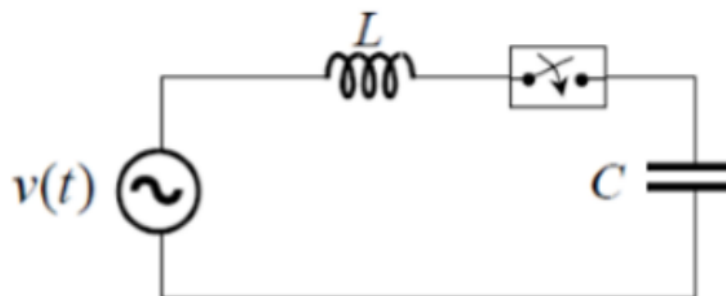
Para esse estudo foi utilizada o software ATP (*Alternative Transients Program*). Sendo importante quantificar o impacto desses distúrbios e verificar se o fator de potência está dentro dos limites impostos pela concessionária [1].

2. MANOBRAS EM BANCOS DE CAPACITORES

2.1. Energização de um banco de Capacitores Isolado

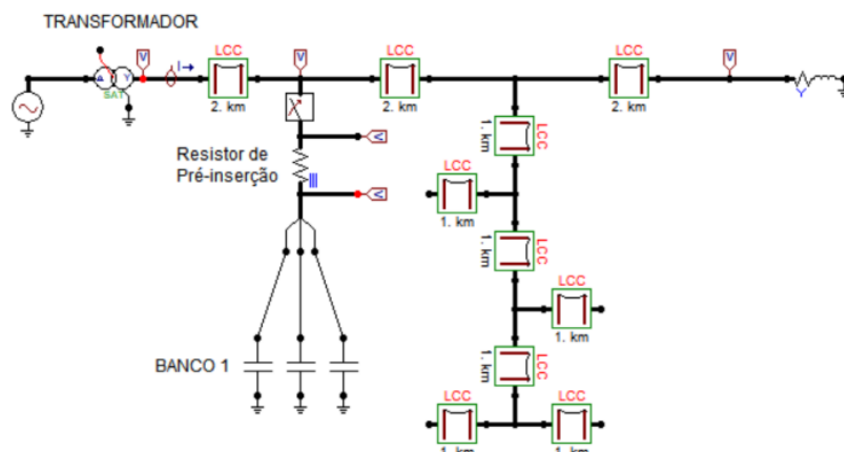
Comumente, subestações de alta e extra-alta tensão contêm vários bancos de capacitores. No entanto, as sobretensões mais severas ocorrem principalmente na energização do primeiro banco, podendo atingir valores de pico fase-terra na ordem de 2 pu. As oscilações devido aos transitórios decorrentes desta manobra estão relacionadas com a interação entre o banco de capacitores e o restante do sistema elétrico, visto que, o valor máximo da corrente depende dos parâmetros do sistema, da potência dos bancos de capacitores, do valor da carga residual no banco (V_0) e do valor da tensão do sistema elétrico (E_0) no instante de chaveamento do banco (Figura 1) e apresentado na simulação utilizando o ATP (Figura 2).

Figura 1: Energização de um banco de capacitores isolado.



Fonte: Os autores (2023).

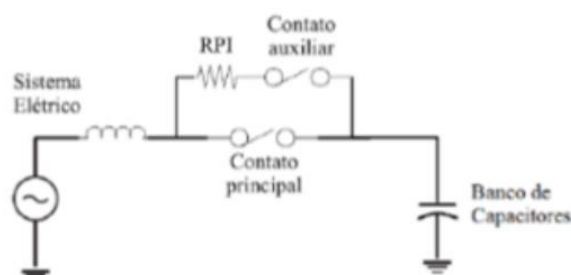
Figura 2: Energização no ATP de um banco de capacitores isolado.



Fonte: Os autores (2023).

Para minimizar a severidade das sobretensões transitórias de energização, tradicionalmente utilizam-se resistores de pré-inserção (RPI). Este equipamento é instalado junto às câmaras dos disjuntores e do ponto de vista elétrico, um disjuntor com resistor de pré-inserção pode ser representado pelo fechamento sequencial de duas chaves, tal como ilustrado na Figura 3, de forma que quando o banco de capacitores é energizado, inicialmente, e fecha o contato auxiliar que insere o resistor em série entre a fonte e o banco. Após um curto período, cerca de 6 ms, o contato principal se fecha, curto circuitando o resistor e trazendo para o banco a tensão plena da fonte.

Figura 3: Modelo do resistor de pré - inserção.

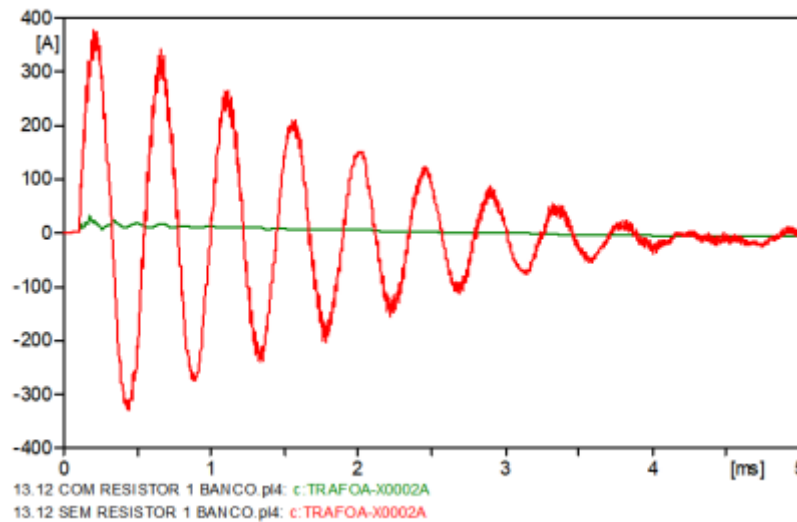


Fonte: Os autores (2023).

No entanto, comumente não se encontram disponíveis resistores de pré-inserção corretamente dimensionados para sistemas de distribuição, o que dificulta a utilização deste método [1]. Uma alternativa para redução das sobretensões de manobras em bancos de capacitores é a utilização de para-raios, entre outras técnicas. Na figura 4 é

apresentado o resultado da simulação para a mitigação da sobrecorrente na conexão isolada.

Figura 4: Mitigação da sobrecorrente na conexão isolada.

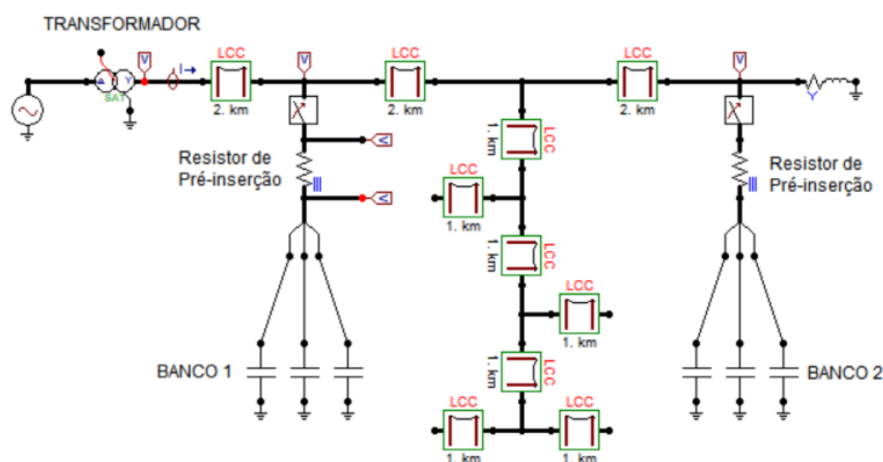


Fonte: Os autores (2023).

2.2. Energização em *Back to Back*

Em subestações onde há vários bancos de capacitores instalados, energizações de bancos subsequentes ao primeiro são denominadas de *Back to Back* e podem ocasionar excessivas correntes de energização (correntes de *Inrush*). Conforme a simulação apresentada na figura 5.

Figura 5: Energização em *Back-To-Back*.



Fonte: Os autores (2023).

A energização do tipo *Back to Back* corresponde a uma troca de energia armazenada entre bancos, pouco influenciando a contribuição do sistema. Para facilitar a análise, utilizou bancos de capacitores iguais.

Para limitar sobrecorrentes de energização em uma manobra desse tipo, comumente utilizam-se reatores limitadores de corrente. Estes equipamentos aumentam a indutância do circuito e limitam a corrente com o inverso da raiz quadrada desta indutância.

3. OPÇÕES PARA LIMITAÇÃO DOS SURTOS DE MANOBRAS

As principais alternativas existentes para limitar os surtos decorrentes de manobras em bancos de capacitores são apresentados a seguir [2] e [3]:

Indutância Fixa: Não precisa de um sistema de controle durante a manobra. Sendo eficiente para limitar as correntes devido às faltas, porém precisa de espaço para a instalação.

Resistor de Pré-Inserção: Utilizado apenas durante o chaveamento (perdas insignificativas). A resistência deve ser projetada conforme mostrado neste artigo (figura 4) [4]. Esse método não é eficiente para limitar correntes devido às faltas.

Indutor de Pré-Inserção: Utilizado apenas no momento do chaveamento. Apresenta perdas reduzidas e instalação simples, além de possuir custo reduzido, mas é ineficiente para limitar as correntes devido às faltas.

O trabalho de [5] trata sobre as medidas mitigadoras para os surtos de manobras nos bancos de capacitores. Outros trabalhos tratam sobre o tema [6-8], abordando as opções para mitigar esses surtos.

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados das simulações é possível constatar a importância dos estudos relativos à análise das alternativas para mitigar as respostas transitórias de tensão e corrente as quais o sistema elétrico pode ser submetido devido à manobra de bancos de capacitores. Este trabalho focou na análise de corrente. O método para limitar essa resposta transitória foi a inserção de resistor em série com o banco de capacitor.

REFERÊNCIAS

- [1] A.R.Piccini ; M. L. Ribeiro; G. C. Guimarães 1, "MODELAGEM DE UM SISTEMA REAL E CHAVEAMENTO DE BANCO DE CAPACITORES," XIV CEEL, ISSN 2178-8308, Universidade Federal de Uberlândia, 2016.
- [2] Carlos Henrique Costa Guimarães, "Transitórios de Manobra em Bancos de Capacitores," Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 1980.
- [3] MACHADO, R. S. ; GUIMARÃES, C. H. C. . Alocação ótima de capacitores em redes. In: IV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 1977, Rio de Janeiro - RJ. IV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 1977.
- [4] Zanneta Jr., L. C. Transitórios Eletromagnéticos em Sistemas de Potência. Sao Paulo, SP - Brasil: Edusp - Editora da Universidade de Sao Paulo, 2003.
- [5] MOURA, D. F. P. D. et al. Estudo de Surtos Decorrentes de Manobras em Bancos de Capacitores – Procedimentos Computacionais e Medidas Mitigadoras. IV SBSE - Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos. Goiânia: [s.n.]. 2012.
- [6] MAURÍCIO, W., Ensaios em Bancos de Capacitores – Transitórios de Manobra. LIGHT S.E.S.A., São Paulo, SP, Brasil, 1977.
- [7] MAURÍCIO, W., CRUZ, L. G., "Transitórios de Manobra em Bancos de Capacitores". SISE-CIER, 1978.
- [8] FRANCO, G. J.; SILVA, M. I.; SILVA, S. M. Operação dinâmica de bancos de capacitores com eliminação de correntes de inrush. O Setor Elétrico, n. Edição 53, jun. 2010.