XV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA

GSE/ 06

17 à 22 de outubro de 1999
Foz do Iguaçu – Paraná - Brasil

GRUPO VIII
GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS
(GSE)

PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UM SINCRONIZADOR PARA MANOBRA DE BANCO DE CAPACITORES

Eberth Antônio Piantino José Mauro da Silva Feitosa*

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.

RESUMO

Este informe apresenta o projeto e desenvolvimento de um sincronizador para manobras de fechamento de bancos de capacitores. A experiência adquirida nos ensaios envolvendo medições de transitórios devido a manobra de disjuntores chaveando transformadores, reatores e bancos de capacitores, foi decisiva para a realização deste projeto.
Furnas através do seu Laboratório de Medidas Elétricas e Eletrônicas, desenvolveu um sincronizador simples e de baixo custo, para atuar no controle do fechamento dos disjuntores dos bancos de capacitores.
O sincronizador protótipo, depois de exaustivamente ensaiado no Simulador de Sistemas Elétricos de Furnas e do CEPEL, foi instalado em um disjuntor de 345 kV que manobra um banco de capacitores de 160 Mvar.
Descreveremos também os ensaios de campo que são realizados para verificar a eficiência do sincronizador no controle do instante de fechamento do disjuntor.

PALAVRAS-CHAVE
Banco de Capacitores, Sincronizador, Disjuntor, Transitórios, Ensaios de Campo.

1.0 - INTRODUÇÃO

Furnas possui vários bancos de capacitores em derivação que são manobrados diariamente de acordo com as necessidades do sistema elétrico.
Devido ao caráter diário das manobras e aos surtos gerados por elas, surgiu a necessidade de se controlar o instante de fechamento dos disjuntores.
Quando acontece o contato elétrico, feito pelo contato mecanico ou por pré-arco, ocorre um surto de tensão e de corrente em alta freqüêcia, cujos valores são determinados pelas impedâncias do sistema.
Para a manobra sem controle sobre o instante do fechamento, os transitórios podem apresentar valores e freqüências típicos como os seguintes:
- Para um banco isolado:
Corrente de “inrush”: 5 pu – 200 a 600 Hz.
Sobretensão: > 2 pu
- Um banco em paralelo com outro (back to back):
Corrente de “inrush”: 40 a 100 pu – 5 a 10 kHz.
Sobretensão: > 2 pu
Os transitórios ocorrem não apenas no local onde está instalado o banco, mas também em outros pontos da rede e podem causar:
- Sobretensão: falhas nos capacitores, falhas em varistores de proteção e rompimento de fusíveis.
- Sobrecorrente: esforços, com redução de vida útil, sobre o disjuntor e sobre os capacitores, e perturbações ou danos em equipamentos de telecomunicações.
Estes efeitos acabam gerando maiores custos de manutenção e uma maior indisponibilidade operativa dos equipamentos.
Com o fechamento sincronizado, consegue-se melhorar a qualidade da rede através da minimização dos transitórios de tensão e corrente que ocorrem na energização dos bancos de capacitores.

* Rua Jaime Gomes, 150 - Passos – MG – CEP 37.900-000 – Telefone (035) 521 6693

Para bancos solidamente aterrados, o instante considerado adequado para o toque dos contatos dos pólos do disjuntor é o da passagem pelo zero da onda de tensão de cada uma das fases
Para bancos não aterrados, duas fases devem ser fechadas quando a diferença de tensão entre elas for zero e a terceira fase fechada quando ocorrer o cruzamento pelo zero grau seguinte.

2.0 - SINCRONIZADOR

Este equipamento (ver Figura 1) tem como principais características ser um dispositivo totalmente analógico, ter o controle de disparo para manobra do disjuntor independente para cada um dos pólos e permitir ajuste manual do instante do fechamento dos contatos em cada uma das fases.

FIGURA 1 - VISTA GERAL DO SINCRONIZADOR

Monitora as tensões nas três fases apenas do lado da fonte do disjuntor. Opcionalmente pode trabalhar com apenas uma fase monitorada, sendo que neste caso o comando de fechamento para os dois pólos restantes é dado com defasagens fixas em relação a fase monitorada.

Na figura abaixo (ver Figura 2), apresentamos o diagrama de blocos do sincronizador descrevendo o princípio geral de funcionamento para um dos módulos ou fases. O dispositivo completo é constituído de três desses módulos independentes entre si.

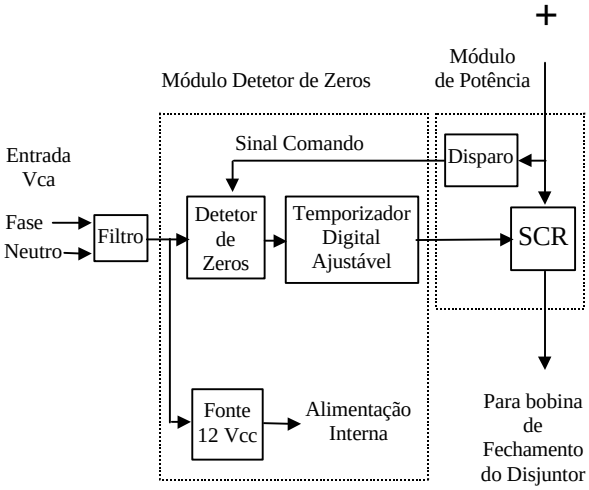

FIGURA 2

De uma maneira simplificada, o funcionamento para cada uma das fases do sincronizador, quando aplicado em um banco de capacitores com o neutro aterrado, pode ser descrito da seguinte maneira:

- O detetor de zeros supervisiona permanentemente todos os cruzamentos por zero da tensão do sistema utilizada como referência para o sincronismo;

- Ao receber um sinal de comando voluntário para fechamento do disjuntor, o circuito de disparo emite um sinal para habilitar a saída de pulsos do detetor de zeros;

- A detetor aguarda o próximo cruzamento por zero da tensão de referência, quando então emiti um pulso sincronizado com este instante;

- Este pulso aciona um temporizador (ajuste manual), que introduz um retardo que somado ao tempo de fechamento do disjuntor (medido em ensaio) perfaz um número inteiro de semiciclos da onda da tensão da rede, na sua freqüência fundamental;

- Isto faz com que o disparo do tiristor do módulo de potência do sincronizador ocorra no instante adequado para que o fechamento dos contatos do disjuntor se dê no zero da tensão do sistema, ou o mais próximo possível deste instante.

Abaixo temos (ver Figura 3) a representação gráfica de uma energização
O sincronizador é instalado em paralelo com o circuito de fechamento voluntário do disjuntor, sem entretanto interferir com os demais circuitos que controlam a operação do equipamento. Protegido contra perturbações eletromagnéticas, fica instalado junto ao disjuntor em um painel específico.

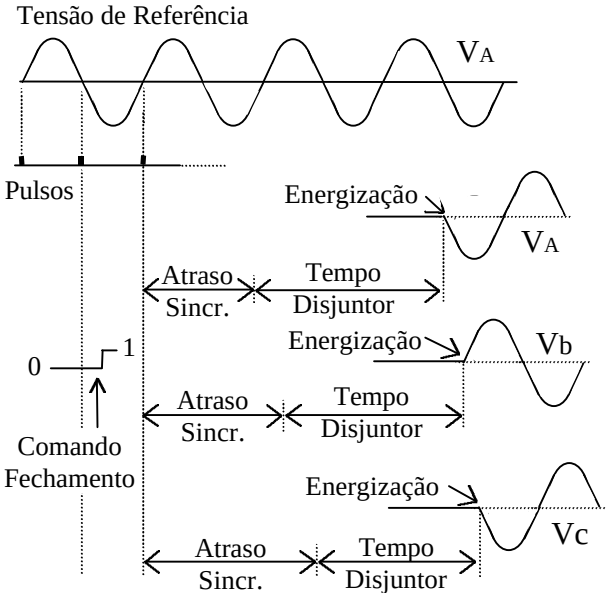

FIGURA 3

3.0 - ENSAIOS DE CAMPO

Os ensaios de campo visam a comprovação do perfeito funcionamento do conjunto disjuntor com sincronizador, quanto à manobra de energização dos bancos de capacitores.
Os ensaios são realizados em várias etapas, de modo a observar-se gradativamente o comportamento do conjunto desde a sua operação individual até a operação final de energização.

3.1 Ensaio para determinação dos tempos de abertura do disjuntor
Inicialmente, para ajuste do sincronizador, é feito o ensaio para a determinação dos tempos médios de abertura de cada uma das fases do disjuntor com tensão nominal de operação e também subtensão no circuito de controle do disjuntor.
Além do tempo médio de operação, que será utilizado para cálculo do tempo de retardo a ser ajustado no sincronizador, é verificada também a repetibilidade do disjuntor.
É necessário que o disjuntor possua um tempo de operação estável, que garanta instantes de fechamentos definidos sob várias condições.
Esta medição de tempo de disjuntores é feita, devido à exatidão requerida, através de uma interface (desenvolvida por Furnas) que permite que os dados digitalizados sejam processados em microcomputador.

3.2 - Ensaio simulado
O objetivo é verificar a defasagem e repetibilidade das ordens de abertura geradas pelo sincronizador, nas condições de operação normal do disjuntor e com sinal simulado da tensão de referência de uma das fases para o sincronizador.
O ensaio é realizado com o sincronizador ligado e o disjuntor isolado pelas seccionadoras. Nesta etapa, verificam-se também as defasagens previstas entre as fases A e B e entre B e C.

3.3 - Ensaio de manobra do banco de capacitores
Com a utilização do laboratório móvel de Furnas, são conectados todos os equipamentos necessários para o controle do disjuntor e para a aquisição de dados de tensão e corrente do banco de capacitores. O circuito de ensaio utilizado está mostrado na Figura 4.
Registram-se em média vinte manobras sincronizadas de fechamento do disjuntor, dez das quais com subtensão no circuito de controle do disjuntor (condição operativa mais crítica para o equipamento) e as demais com a alimentação no valor nominal.
Executam-se também fechamentos não sincronizados na pior condição operativa (90º da onda de tensão para bancos com o neutro aterrado), com o objetivo de verificar os valores máximos de surto, e o benefício causado pelo uso do sincronizador.
Os comandos de fechamento são enviados ao disjuntor a partir do laboratório móvel e são gerados em diferentes pontos do semiciclo da tensão do sistema (tomada como referência) e controlados através de uma chave síncrona desenvolvida por Furnas.
Nos registros digitais dos sinais, fazem-se as medições das sobretensões e das correntes de “inrush geradas pela energização do banco.
Verifica-se também se o fechamento ocorreu no instante desejado e, se necessário, corrige-se o tempo de retardo inserido pelo sincronizador .

4.0 CONCLUSÕES

O sincronizador está sendo instalado nos disjuntores de bancos de capacitores que já estão em operação e que possuam as condições técnicas adequadas que permitam a instalação do equipamento.

Furnas já tem três sincronizadores para fechamento, em operação, sendo que o protótipo inicial está instalado (início de 1998) em um disjuntor que manobra um banco capacitores de 160 Mvar em 345 kV, e outros dois em bancos capacitores de 40 Mvar em 13,8 kV. Todos com bons resultados operacionais até o momento.

Com a redução dos transitórios, espera-se um aumento da vida útil dos elementos do banco, bem como do próprio disjuntor. Teremos então menor quantidade de manutenções com menores custos envolvidos.

Através dos ensaios de comissionamento, verificamos o desempenho do sincronizador em todas as condições possíveis de funcionamento.

O instante da ordem da fechamento, a defasagem entre as fases e a repetibilidade registrada durante os ensaios devem estar de acordo com o previsto para a operação do conjunto disjuntor com sincronizador.

Os resultados têm mostrado que os sincronizadores são equipamentos capazes de controlar os níveis das sobretensões e das correntes de ”inrush” que ocorrem quando da energização dos bancos de capacitores.

O uso dos sincronizadores proporciona uma maior manobrabilidade aos bancos de capacitores e consequentemente, maiores recursos operativos para o controle da tensão do sistema de transmissão.

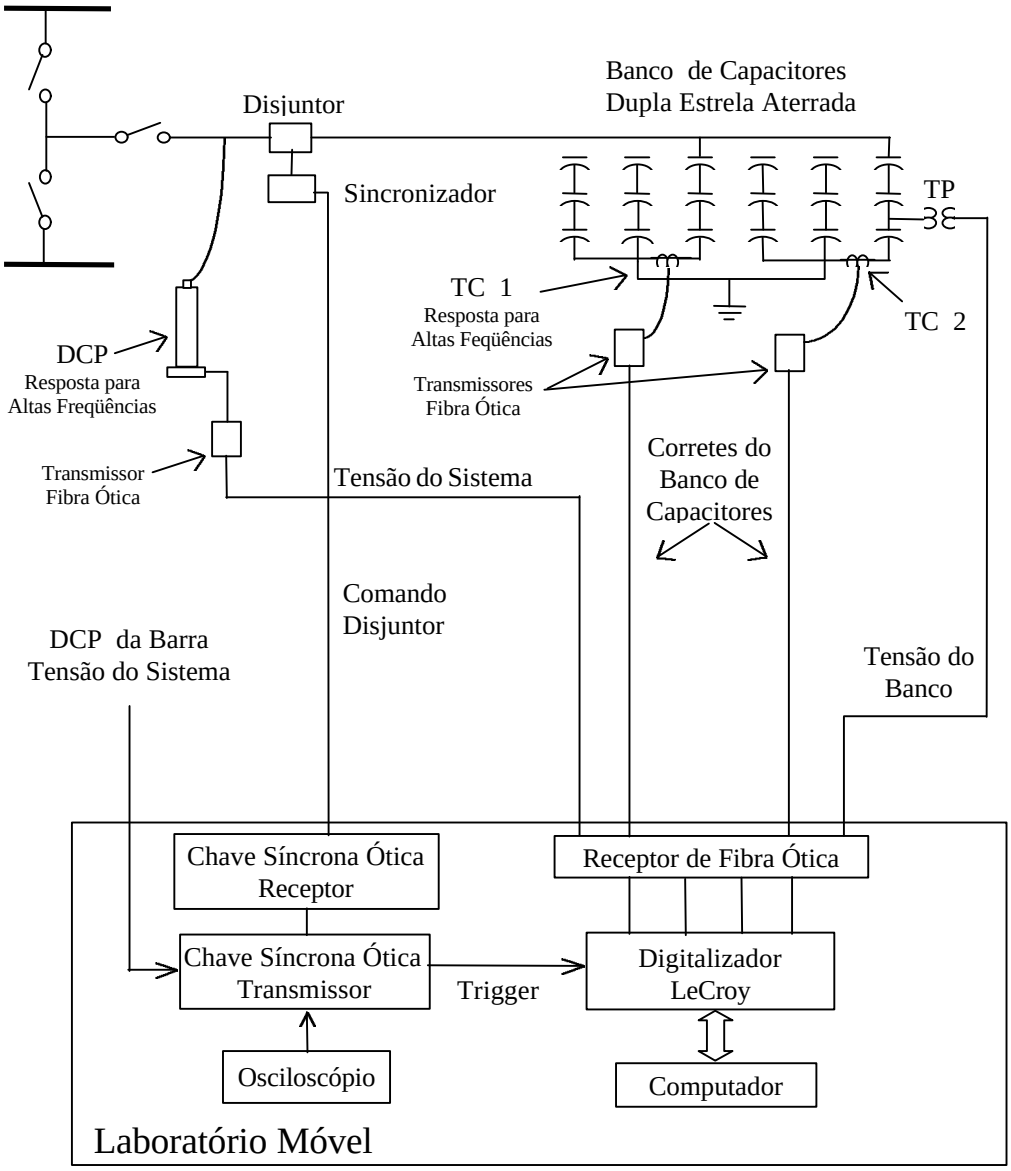

FIGURA 4 - CIRCUITO DE ENSAIO PARA UMA FASE.