



GRUPO V

GRUPO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO E CONTROLE DE SISTEMAS DE POTÊNCIA (GPC)

**UTILIZAÇÃO DE SIMULADOR DIGITAL EM TEMPO REAL NA EXECUÇÃO DE
TESTES DE PROTEÇÃO DE ONDAS TRAFEGANTES**

Victor Alexandre Belo França

FURNAS Centrais Elétricas S.A.

RESUMO

Este trabalho visa apresentar os testes realizados em um sistema de proteção de ondas trafegantes composto pelos relés RALZA/RAZOA de fabricação ABB. Os testes utilizaram o Simulador Digital em Tempo Real (“Real Time Digital Simulator”- RTDS™) de FURNAS na análise e teste do equipamento, em tempo real e em malha fechada, onde a simulação é alterada de acordo com a atuação do equipamento.

PALAVRAS-CHAVE

Simulação Digital em Tempo Real - Teste de Equipamentos – Testes de Proteção - Teste em Malha Fechada

1.0 - INTRODUÇÃO

Devido ao aumento da complexidade dos Sistemas Elétricos, com a inclusão de novas tecnologias e equipamentos, tornou-se necessária a modernização e melhoria dos métodos de análise, modelagem e testes dos mesmos.

Dentro desta filosofia, FURNAS criou uma estrutura para realização de testes de equipamentos de controle e proteção em laboratório(1) objetivando adequar-se à nova realidade imposta pela tecnologia digital.

Neste trabalho apresenta-se todo o desenvolvimento dos testes realizados, desde a modelagem do sistema envolvido até as conclusões do estudo, passando pelas várias filosofias de simulação e pelas propostas de alteração no esquema da proteção.

O objetivo dos testes foi verificar a sinalização incorreta do sistema de proteção RALZA/RAZOA, instalado nas linhas IVAIPORÁ/ITABERÁ que fazem parte do sistema de transmissão em 765KV de FURNAS. A sinalização incorreta consistia na sinalização de falha trifásica durante distúrbios monofásicos.

2.0 - O SIMULADOR DIGITAL EM TEMPO REAL DE FURNAS (RTDS™)

O RTDS™(2) é um simulador digital de sistemas de potência com capacidade de operação em tempo real. Trabalha como um TNA digital oferecendo flexibilidade, acurácia e capacidade de representação do sistema elétrico e seus equipamentos associados.

Pode ser utilizado para estudos de transitórios eletromagnéticos, estudos de sistemas de controle e proteção, melhoria de performance em sistemas HVDC e estudos dinâmicos. A interconexão do RTDS™ com equipamentos reais como relés, sistemas de controle e sincronizadores facilita o comissionamento e avaliação da performance dos mesmos.

O diagrama funcional da interligação do RTDS™ ao equipamento em teste é mostrado na Figura 1.

O RTDS™ integra “hardware” e “software” buscando utilizar a vantagem que cada um oferece para a simulação em tempo real.

O hardware é composto por 180 DSP's (Digital Signal Processor) que trabalham em paralelo, tornando possível o processamento dos sinais em

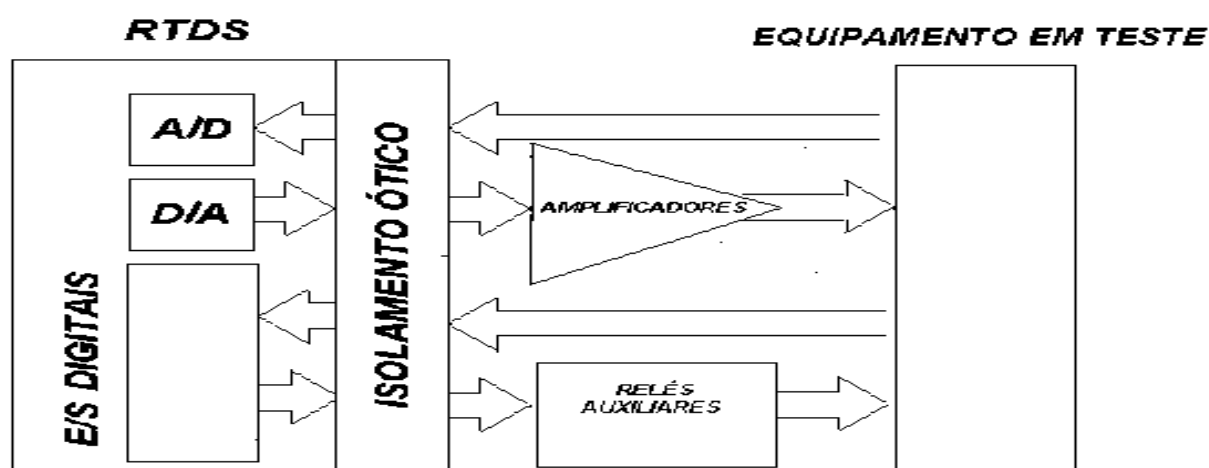


FIGURA 1 – Diagrama de ligações entre o equipamento em teste e o RTDS™

tempo real. Possui também conversores A/D e D/A e entradas e saídas digitais tornando possível sua interconexão com outros equipamentos.

As entradas e saídas são isoladas por intermédio de um cartão de isolamento ótico, evitando que qualquer problema com o equipamento testado seja propagado para o RTDS™. Esta precaução se faz necessária devido aos níveis dos sinais envolvidos nos testes. Uma vez que o RTDS™ fornece os sinais de saída com baixos níveis de potência, os mesmos devem ser condicionados antes de serem injetados no equipamentos em teste. Para os sinais analógicos, são usados amplificadores de tensão e de corrente e para os sinais digitais relés auxiliares.

O software é constituído de vários módulos varrendo todas as etapas necessárias desde a modelagem até a execução da simulação. O sistema a ser simulado é constituído de modelos matemáticos de componentes elétricos os quais são interligados de acordo com a configuração desejada através de uma interface gráfica. Após o caso ser compilado o mesmo está pronto para execução.

A sequência da execução dos eventos pode ser controlada através de um sequenciador de eventos. Com a ajuda de um “script”, desenvolvido pelo usuário, podem ser rodados vários casos em modo “batch”. Esta facilidade é muito útil quando são realizados estudos estatísticos ou quando se deseja analisar o equipamento em várias contingências do sistema. Nestes casos, pouca ou nenhuma interação do usuário é necessária.

3.0 - TESTES REALIZADOS

3.1 - Filosofia dos testes

A linha de transmissão IVAIPORÃ/ITABERÁ, foi modelada no RTDS™ levando-se em conta a compensação série. Utilizou-se modelos “ π ” na modelagem das linhas. Os sinais de tensão e corrente do terminal de IVAIPORÃ foram enviados ao sistema de proteção RALZA/RAZOA, cuja função é o monitoramento de ondas trafegantes sendo de tecnologia estática. Como características das proteções de ondas trafegantes(3) podemos citar:

- **RAPIDEZ** (Limita os danos e aumenta a capacidade de transferência de potência)
- **SENSIBILIDADE** (Detecção de baixa corrente e alta resistência de falta)
- **SELETIVIDADE** (Desligamento somente do trecho sob falta, discriminação direcional, seleção de fases, linhas paralelas e linhas com compensação série)

Os sinais de saída do relé foram monitorados pelo RTDS™.

3.2 – Testes preliminares

Com o objetivo de se reproduzir a situação a ser investigada (sinalização trifásica em falhas monofásicas), foram gerados os seguintes casos básicos: falhas monofásicas, bifásicas e trifásicas em varias localizações da linha de transmissão.

Após a aplicação constatou-se que situação a ser investigada não havia ocorrido, tendo o relé sinalizado, corretamente, a saída que indica falha trifásica quando excitado com falhas bifásicas e trifásicas.

A esta altura foi posta em dúvida a precisão com que o fenômeno, ocorrido em campo, estava sendo

reproduzido uma vez que a sinalização errada ocorreu mais de uma vez e com relés diferentes, descartando a hipótese de mal funcionamento de um único aparelho. Uma vez que os casos básicos não conseguiram reproduzir o comportamento incorreto, optou-se por injetar os sinais da ocorrência em questão uma vez que os mesmos foram oscilografados digitalmente pela rede de oscilografia digital de FURNAS.

3.3 – Reprodução de sinais oscilografados

O RTDS™ é capaz de reproduzir arquivos codificados segundo o padrão COMTRADE(4) (Common Format for Transient Data Exchange) os quais podem ser oriundos de oscilógrafos digitais ou de programas de simulação de transitórios eletromagnéticos como por exemplo o ATP (Alternative Transient Program). A oscilografia digital utiliza o formato COMTRADE como codificação padrão visando a padronização e economia de espaço no armazenamento de arquivos.

Os arquivos oscilografados foram reproduzidos pelo RTDS™, conseguindo reproduzir a atuação incorreta e mostrando que a modelagem do sistema utilizada até então não estava representando fielmente o sistema a ser testado.

3.4 – Testes em malha fechada

A partir das conclusões da última etapa, resolveu-se tentar melhorar a representação do sistema a ser testado. Foi incluída uma realimentação no esquema de testes da seguinte forma: um sinal de “trip” do relé passou a ser enviado ao RTDS™, controlando a abertura/fechamento de um disjuntor em tempo real.

A vantagem dos testes em malha fechada é que a simulação depende do comportamento do relé podendo-se analisar o sistema após a atuação da proteção. A Figura 2 mostra como uma simulação se comportaria de acordo com o método utilizado, alterando-se no caso de malha fechada e permanecendo inalterada no caso de malha aberta.

Com a inclusão da realimentação do sinal de “trip”, os casos básicos antes utilizados em malha aberta passaram a reproduzir a situação desejada concluindo-se que o período de pós-falha influenciava o comportamento do sistema de proteção. Com isso todos os tipos de falhas (monofásica, bifásica e trifásica) em vários pontos da linha de transmissão passaram a sinalizar que havia ocorrido uma falha trifásica.

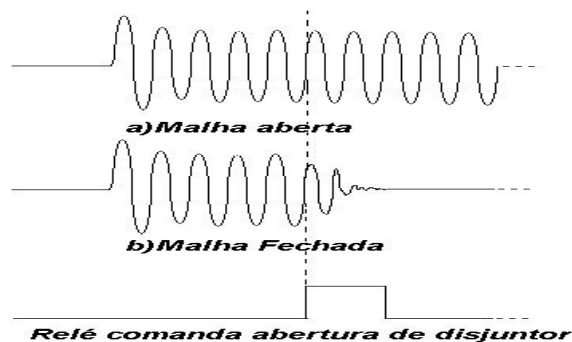


FIGURA 2 - Comparação entre teste de malha aberta e fechada

Embora tenha existido em todos os casos, a sinalização ocorria em tempos diferentes de acordo com o tipo e o local de falta.

A Figura 3 mostra como ficou a configuração final da modelagem do sistema com a inclusão dos disjuntor controlado pelo relé.

4.0 – ANÁLISE DA LÓGICA DE PROTEÇÃO

Com a modelagem do sistema aprovada para fins de teste, uma nova etapa do estudo se iniciava tendo por objetivo analisar o porque da sinalização incorreta.

O próximo passo seria a monitoração dos sinais internos do relé com o objetivo de avaliar em qual parte de sua lógica estaria ocorrendo o problema. Como os sinais internos trabalham com níveis diferentes dos padrões normalmente utilizados, foi necessário o uso de um sistema de aquisição de dados independente do RTDS™ para que os sinais pudessem ser aquisitados. O sistema de aquisição de dados utilizado foi o TRAS-V (Time Record Acquisition e Analysis System) que possui maior flexibilidade na aquisição de dados.

Após simulados vários conjuntos de casos, nos quais analisou-se os sinais internos do relé, chegou-se a conclusão que se pelo menos duas tensões tivessem seus valores abaixo de um valor previamente setado, ocorreria a sinalização de falha trifásica. A Figura 4 mostra um oscilograma do que ocorre em uma falha monofásica. Podemos notar a que a sinalização de falta trifásica ocorre após a abertura do disjuntor, quando ocorre uma oscilação.

A explicação para o ocorrido vem do fato da lógica do relé ter sido concebida prevendo-se abertura e religamento monopolar. Esta filosofia prevê que se houver falha em apenas uma das fases, esta falha poderia ser isolada desconectando-se apenas esta fase do sistema através de um disjuntor com

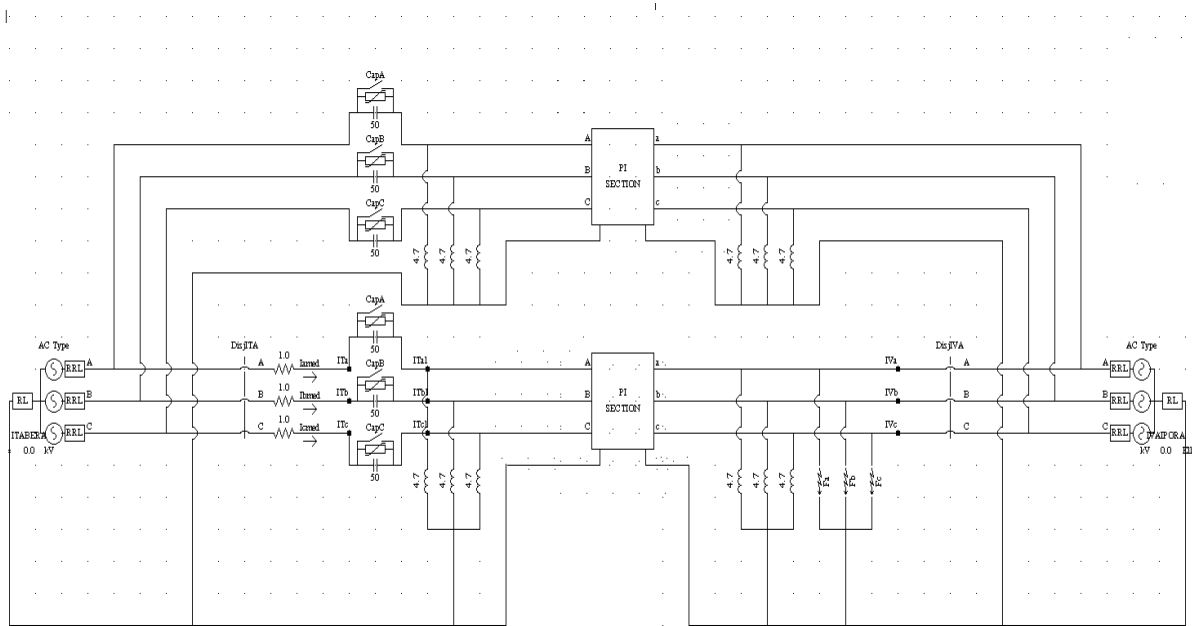


FIGURA 3 – Modelagem final do sistema simulado

comando de abertura monopolar, religando-a posteriormente. FURNAS não utiliza esta filosofia de proteção no trecho de linha em questão, permitindo apenas abertura e desligamento tripolar.

5.0 – PROPOSTA DE ALTERAÇÃO

Foi proposta a inibição da parte da lógica do relé responsável pela sinalização uma vez que a mesma não influenciava a filosofia de proteção adotada por FURNAS.

Após ser realizada a alteração, todos os testes foram refeitos com o objetivo de verificar se a modificação surtiu o efeito desejado e não influenciava no comportamento real do relé, como por exemplo,

inibir totalmente a sinalização de falha trifásica em falhas trifásicas reais.

Os testes mostraram que a modificação foi eficaz, uma vez que não havia mais sinalizações trifásicas em distúrbios monofásicos e não influiu na operação normal do relé.

6.0 – CONCLUSÃO

O RTDS™ mostrou-se um equipamento bastante versátil na análise e teste de equipamentos tendo por principal vantagem a análise de qualquer sistema onde o equipamento em teste possa influenciar na simulação, o que não se consegue com outros equipamentos que apenas exteriorizam sinais.

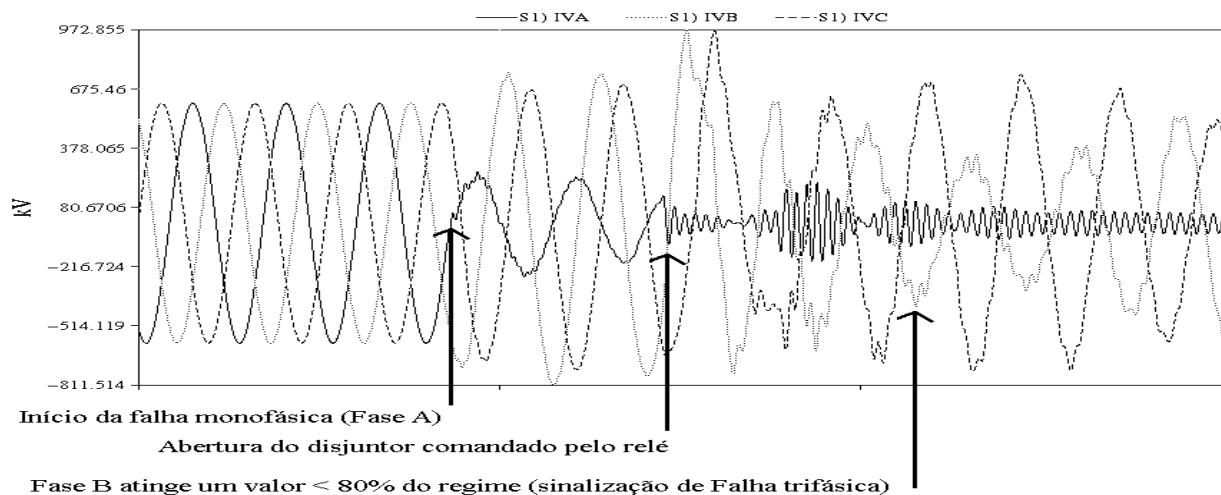


FIGURA 4 - Oscilografia de uma falha monofásica que gerava uma sinalização de ocorrência trifásica

FURNAS tem utilizado o RTDS™ para testar e comissionar uma grande quantidade de seus equipamentos sejam eles relés, sincronizadores (5) ou sistemas de controle, tendo sido contratada por fabricantes para testes de comissionamento de equipamentos a serem instalados.

A grande vantagem do RTDS™ com relação aos outros dispositivos de teste de equipamentos de potência está na sua capacidade de simulação em tempo real sendo extremamente útil quando a atuação do equipamento em teste ocasiona alguma modificação importante no sistema simulado. Os resultados descritos neste artigo só foram possíveis devido a esta capacidade do RTDS™, uma vez que sem esta facilidade não teria sido possível reproduzir a situação desejada.

7.0 – BIBLIOGRAFIA

- (1) MANTUANO, S., FRANÇA, V.A.B. "Sistema de Teste de Proteção Incorporado ao Simulador de Sistemas Elétricos de FURNAS" XIII SNPTEE, Florianópolis, 1995.
- (2) KUFFEL, R., GIESBRECHT, J., MAGUIRE, T., WIERKX, R.P., MCLAREN, P. "RTDS-A Fully Digital Power System Simulator Operating in Real-Time", Conference Proceedings of ICDS95, College Station, TEXAS, USA, April, 1995, pp 19-24.
- (3) Seminário Sobre Sistemas de Proteção – UAB/R-S-548-ASEA ELÉTRICA LTDA, Rio de Janeiro, novembro 1985.
- (4) "IEEE/COMTRADE – Common Format for Transient Data Exchange", IEEE Power System Relaying Committee, Relaying Channels Subcommittee, W.G.II-5, January 1990.
- (5) SANTO, S.E., FRANÇA, V.A.B., ZANI, C.R., FERNANDEZ, P.C. "Estudos de energização de Bancos de Capacitores de Grande Porte Realizado no Simulador Digital em Tempo Real (RTDS™) de FURNAS Utilizando Disjuntores com Sincronizador". ERLAC, Foz do Iguaçu, Abril 1997.