



GRUPO V

GRUPO DE ESTUDOS DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E COMUNICAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA - (GPC)

IMPLANTAÇÃO DE AUTOMATISMO E MONITORAMENTO DE TRANSFORMADORES EM SE'S DESASSISTIDAS

Eduardo Moreira Carneiro*

Gilberto Stelzer

Mário José Piotto

Takayuti Kobayashi

COMPANHIA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PAULISTA – CTEEP

RESUMO

O artigo apresenta a experiência da CTEEP (uma das empresas originadas da cisão da CESP), na implantação de automatismos complementares, para suporte à operação e manutenção de SE's de 138/13,8 kV.

Este trabalho, focaliza a solução técnica de equipamento e de software. Menciona a utilização de controladores programáveis, aplicada aos processos industriais, e os cuidados especiais para aplicação destes equipamentos nos processos de transmissão de energia elétrica.

PALAVRAS CHAVES

Controladores Programáveis, Automatismo, Monitoramento de Transformadores

1.0 - INTRODUÇÃO

As subestações da CESP, na sua grande maioria não apresentam facilidades de operação local além daquelas convencionais, através de painéis instalados na sala de comando centralizada, para operação com a presença de operadores locais.

Dentro de um programa gradativo para desassistimento das subestações de 138/13,8 kV, utilizando os recursos do sistema de controle supervisório, verificou-se a

necessidade de se equipar estas subestações com dispositivos de automação local, que realizassem algumas das funções anteriormente executadas pelos operadores, minimizassem os desligamentos e que fornecessem dados úteis para a manutenção.

O equipamento deveria ser adquirido no mercado, que não respondeu com custos satisfatórios e, portanto a solução foi concebida internamente, utilizando-se produtos de mercado. Foi instalada e funcionalmente comprovada em campo, para posterior aquisição, das unidades subseqüentes a partir da concepção original fornecida pela CESP.

Foi adotada a padronização do software como um dos fatores de redução de custos de implantação e de manutenção. Em contraposição à padronização, os diversos arranjos de subestações e as diferentes possibilidades de operação de uma mesma instalação, exigiram que se desenvolvesse o software com flexibilidade suficiente para atender diferentes situações. Esta flexibilidade foi obtida através de um conjunto de parâmetros, que podem ser alterados em campo e a qualquer momento.

Quanto ao painel e ao hardware, também foram padronizados utilizando-se controladores programáveis (CP's) de mercado, eletricamente compatíveis com o ambiente das subestações. Estes CP's embora eletricamente compatíveis, exigiram implementações de lógicas específicas, de forma a garantir maior confiabilidade.

Em condição de falha da eletrônica interna ou dos periféricos no campo, os autômatos são total ou parcialmente bloqueados e, a informação de falha é disponibilizada para o centro regional de operação, através do sistema de controle supervísório.

- O equipamento foi concebido para abranger os seguintes arranjos:
 - Subestação com dois transformadores e um disjuntor de Alta Tensão
 - Operando de forma independente;
 - Operando em paralelo;
 - Subestação com dois transformadores e dois disjuntores de Alta Tensão
 - Operando de forma independente;
 - Operando em paralelo;
 - Subestação com um único transformador.

2.0 - FILOSOFIA DOS AUTOMATISMOS

Funcionalmente o equipamento consiste de um conjunto de quatro blocos funcionais distintos e independentes para os automatismos, de uma função de diagnóstico e de uma função de registro de dados monitorados. Estas funções foram implementados em um único equipamento controlador eletrônico programável (CP), e estão descritas a seguir.

2.1 – Controle de Carregamento

É realizado através do monitoramento das temperaturas do óleo, do enrolamento e da corrente do transformador. Controla-se o carregamento, chegando-se a desligar e religar cargas, se necessário. As seqüências de desligamentos e religamentos são parametrizáveis, possibilitando-se alterações rápidas em campo.

O automatismo prevê a elevação súbita da temperatura. Neste caso, a temperatura pode atingir o nível de segundo grau para as temperaturas de óleo e/ou enrolamento. O CP pode desligar os alimentadores sem temporização (alívio de carga imediato) dentro da prioridade e temperaturas pré definidas.

2.1.1 – Monitoramento da temperatura do óleo e do enrolamento

Prevê a existência de três faixas de temperatura.

Na primeira faixa de temperatura, abaixo do nível de alarme de temperatura de primeiro grau (entre 54 e 85°

C para a temperatura do óleo e 68 e 110° C para a temperatura do enrolamento). Nesta faixa, o autômato supervisiona o funcionamento da ventilação forçada e em caso de falha da mesma assume o comando.

A segunda faixa de temperatura é a faixa de alívio de carga temporizado, (entre 95 a 101° C para a temperatura do óleo e entre 110 a 116° C para a temperatura do enrolamento). Quando uma das temperaturas atinge esta faixa, o autômato aguarda 30 min. para iniciar o desligamento do primeiro alimentador, temporizando 10 minutos para desligar os próximos alimentadores.

A terceira faixa de temperatura é a faixa de alívio de carga imediato, (acima de 101° C para a temperatura do óleo e acima de 117° C para a temperatura do enrolamento). Quando uma das temperaturas atinge esta faixa, o autômato realiza os desligamentos de carga de forma imediata, isto é, sem temporização, desligando o alimentador especificado para cada grau centígrado.

Havendo redução da temperatura com o desligamento do primeiro alimentador, isto é, temperatura do óleo abaixo de 90° C, por um período maior do que 10 minutos, inicia-se o procedimento de temporização para religar cargas, dentro da prioridade pré definida, religando-se um alimentador a cada 10 minutos.

O algoritmo trata a posição das chaves de bloqueio do relé de religamento de alimentadores e chave de comando local / remoto de todos os equipamentos.

2.1.2 – Monitoramento da corrente do lado de Baixa Tensão dos Transformadores

O autômato prevê o controle do carregamento através da supervisão da corrente do lado da baixa tensão, comparando-a com um limite parametrizável, “Imax.”, individualizado para cada transformador. Caso este limite seja superado por um tempo superior a 10 segundos, inicia-se o desligamento imediato das cargas (alimentadores), dentro da prioridade pré estabelecida.

Havendo redução da corrente os alimentadores são religados, obedecendo a ordem de prioridade definida.

2.2 – Religamento de Transformadores Após a Atuação de Relé de Sobrecorrente

Realiza a tentativa de religamento do transformador após atuação da proteção de sobrecorrente, somente uma única vez, no período de uma hora. Neste período não deverá ter havido atuação de nenhuma outra proteção de sobrecorrente na subestação. Caso tenha ocorrido em uma hora mais de uma atuação de

proteção (TR1 ou TR2), deverá haver bloqueio do painel local e sinalização local e remota.

Após a proteção de sobrecorrente, ter comandado a abertura dos disjuntores de alta e baixa tensão, caso haja falha no procedimento de religamento, isto é, se um dos disjuntores de BT não aceitar comando, serão normalizados os alimentadores do transformador cujo disjuntor tenha sido religado com sucesso. Esta condição de falha no religamento de um dos disjuntores de BT, será sinalizada remotamente, e no painel local.

No caso de tentativa mau sucedida de desligamento geral da BT, que necessita intervenção local, o CP irá preparar a SE para posterior normalização via operador, desligando os alimentadores.

O algoritmo trata também a posição das chaves de bloqueio do relé de religamento de alimentadores e chave de comando local / remoto de todos os equipamentos.

2.3 - Retirada e inserção Automática de Transformadores (RIAT)

Quando da atuação de uma das proteções internas de um transformador, operando de forma independente ou em paralelo, isola-se o transformador com defeito (abre-se o seccionador do lado de alta tensão), insere-se o outro transformador, religa-se o disjuntor do lado da alta tensão e as cargas prioritárias daquela subestação.

Da mesma forma que no autômato anterior, o algoritmo trata também a posição das chaves de bloqueio do relé de religamento de alimentadores e chave de comando local / remoto de todos os equipamentos.

O ponto crítico deste algoritmo é a supervisão de estado das seccionadoras, o que foi solucionado com a substituição da cadeia de contatos primária por sensores de posição, construídos com foto acopladores e rigidamente conectados ao eixo do equipamento.

2.4 - Regulação de Tensão

É uma função complementar, considerando-se que todas as informações necessárias para a execução da mesma estão disponíveis para as funções anteriormente descritas. Esta função atua como “back-up” do regulador de tensão convencional com base em dois parâmetros, tensão do lado da BT e tempo de resposta do comutador de TAP.

Caso a tensão do lado da BT permaneça fora da faixa normal de regulação, o CP bloqueia a atuação do

regulador convencional e assume a regulação de tensão.

Caso o comutador de tap, comandado pelo CP, não responda a um comando de aumentar ou diminuir a tensão após dois minutos, o CP irá sinalizar para o controle supervisão e no painel local.

2.5 – Função Registro de Eventos

A função de monitoramento do transformador, de interesse da manutenção, compartilha com os autômatos, os mesmos dados provenientes do campo, aos quais são adicionados os dados de tempo. Registra-se em memória, os períodos de operação em condição de sobrecarga e o período de operação com temperaturas acima dos limites pré estabelecidos.

Além da função de apoio à manutenção preventiva, o equipamento conta com funções de diagnóstico de falhas internas e externas, nos sensores e periféricos, que é uma ferramenta poderosa para manutenção corretiva.

São registrados em memória, os eventos relacionados com as ações dos autômatos e as respectivas reações do campo. Propicia informações precisas para a identificação e localização da falha, reduzindo sensivelmente o tempo de pesquisa de defeitos.

Todos os registros de eventos são codificados na memória, e a extração dos dados é realizada através de um software “MINI-SCADA” de mercado com apresentação e manuseio amigável.

3.0 – AUMENTO DA CONFIABILIDADE E FALHA SEGURA

O aumento de confiabilidade é calcado, nos algoritmos citados a seguir, que contribuem para a implementação da função de falha segura. Na prática, significa que em qualquer condição de falha detetada pelos algoritmos, os autômatos são total ou parcialmente bloqueados, não interferindo no campo e sinalizando remotamente e no painel local.

3.1 – Algoritmos que garantem a Qualidade das Informações Coletadas do Campo

3.1.1 – Diagnóstico de Falhas em Transdutores

Os sinais de temperatura de óleo e de enrolamento tem as mesmas características elétricas. São provenientes de sensores PT-100 e de transdutores com saída de 4 a 20 mA. Recebem os tratamentos de verificação do “Range” e de verificação do gradiente máximo de temperatura admissível.

Os sinais de corrente e tensão do lado da baixa tensão são confrontados com os limites máximos e mínimos para operação normal e quando dentro da faixa normal, são confrontados com o estado “Aberto / Fechado” dos equipamentos daquele circuito elétrico.

Os sinais de posição de tap de transformadores são provenientes da coroa de resistores através de transdutores de resistência – corrente, e são confrontados com os limites de tap mínimo e máximo. No caso de subestações com dois transformadores também é verificada a discrepância máxima entre os taps dos dois transformadores.

Caso um dos sinais apresente qualquer não conformidade, o algoritmo de diagnóstico bloqueia o(s) autômato(s) pertinente(s), registra a falha em memória, sinalizando no painel local e no centro regional de operação.

3.1.2 – Diagnóstico de Falhas em Sensores Ópticos de Estado de Seccionadoras

A supervisão do estado das seccionadoras, realizada através dos contatos primários das mesmas, pode ocasionar erros que inviabilizam o funcionamento do autômato.

A CTEEP, vem reformando estes equipamentos e instalando sensores ópticos de posição, cujo funcionamento é confiável e compatível com as necessidades da operação.

Estes sensores de posição tem contatos complementares e também são dotados de circuitos de auto diagnose comandados pela CPU, periodicamente ou precedendo um comando para o campo.

Da mesma forma que no caso anterior, se um dos sinais apresenta qualquer não conformidade, o algoritmo de diagnóstico bloqueia todos os autômatos, registra a falha em memória, e sinaliza no painel local e no centro regional de operação.

3.2 – Algoritmos que Garantem o Bom Funcionamento do Equipamento Eletrônico Principal e do Painel

3.2.1 – Função de Diagnóstico de Falhas no Equipamento Eletrônico Principal

Internamente à CPU utilizada, existem funções de proteção que propiciam o bloqueio da mesma, tais como “Tempo de Execução do Programa”, “Teste de EPROM”, “Teste de Barramento” e “Watch- Dog”, que em caso de falha protegem as memórias e desativam os cartões eletrônicos de saída.

Externamente à CPU foi instalado um segundo “Watch-Dog” com hardware específico, acionado pelo algoritmo, que quando ativo bloqueia todas as saídas de comando do painel.

Esta segunda proteção garante o bloqueio do painel no caso em que o software ou o firmware do painel seja corrompido por qualquer motivo.

3.2.2 – Função de Diagnóstico de Falha no Painel

Os controladores programáveis, em sua grande maioria desenvolvidos para a área industrial, não contemplam a funcionalidade diagnóstico do hardware de comando. Por este motivo, esta função foi implementada utilizando-se a retrosinalização dos próprios relés de comando do painel, isto é, as saídas dos cartões eletrônicos do CP atingem os circuitos de comando dos disjuntores e seccionadoras, através de relés de interposição situados dentro do painel. Periodicamente ou precedendo qualquer comando, foi implementada a lógica de “CHECK BEFORE OPERATE” associada à lógica de “COMANDO E PERMISSÃO”, que garantem que o circuito de saída do CP até o circuito de comando do equipamento no pátio esta integro, garantindo portanto o destino correto do comando.

4.0 – SINALIZAÇÕES EXISTENTES

4.1 – Sinalizações Remotas

Temporizando para Alívio de Carga — Esta sinalização é ativada quando a temperatura do óleo ou do enrolamento de um dos transformadores atinge a faixa de alívio temporizado de carga. Sinaliza o início de temporização de 30 minutos para desligamento de alimentadores.

Defeito em Periféricos - Esta sinalização é ativada quando uma das rotinas de diagnóstico deteta defeito em transdutores, sensores ou no circuito de comando de um equipamento, incluindo os relés de interposição.

Bloqueio do Automatismo - Esta sinalização é ativada quando um dos algoritmos deteta qualquer das condições de bloqueio do painel.

4.2 – Sinalizações no Painel Local

Defeito em Transdutores - Esta sinalização é ativada quando uma das rotinas de diagnóstico deteta defeito em transdutores de tensão, de corrente, de posição de tap ou de temperatura.

Defeito em sensores ópticos - Esta sinalização é ativada pela rotina de diagnóstico de falhas em sensores ópticos quando detetada alguma falha.

Falhas em relés de interposição interno ou falta de retroalimentação do campo - Esta sinalização é ativada pela rotina de teste de relés ou pela rotina de comando de equipamentos.

5.0 – PROBLEMAS ENCONTRADOS

5.1 – Quando da Terceirização dos Serviços de Software

Como a utilização de controladores programáveis no setor elétrico é relativamente recente, ainda existe dificuldade em se encontrar profissionais que tenham conhecimento dos processos de transmissão de energia, suficiente para levar a cabo um desenvolvimento desta monta, o que exigiu intensa interação com o fornecedor.

5.2 – Adaptação da Instalação

Quando da instalação da primeira unidade desenvolvida internamente, foram solucionados alguns problemas e hoje a CTEEP tem experiência suficiente para encaminhar soluções alternativas para os mesmos.

Uma das dificuldades iniciais foi a substituição da coroa de resistores existentes nos transformadores devido a inexistência de transdutores no mercado, com características construtivas elétricas e mecânicas para uso específico em transformadores.

A solução encontrada a substituição dos resistores originais por outros com maior precisão.

Outra dificuldade encontrada foi a utilização de termômetros antigos, que não apresentavam comportamento confiável e não dispunham de transdutores para indicação remota e em alguns casos, tiveram que ser substituídos por novos. Estes novos termômetros foram instalados em painel específico, fora do corpo do transformador, tornando-se um acessório da subestação.

A supervisão de estado das seccionadoras foi alterada, substituindo-se a cadeia de contatos primários por sensores ópticos em busca de confiabilidade.

6.0 – GANHOS OBTIDOS

Como ganhos obtidos tanto pela operação como pela manutenção, com a instalação do equipamento, ressaltamos dentre outros, a eliminação de desligamentos indevidos em função de falhas nos sensores e transdutores de temperatura, a possibilidade de se operar o transformador em condição de sobrecarga compatível com as especificações do

mesmo, o que permite atender a um pico de carga temporária. As informações proveniente dos algoritmos de diagnóstico de falhas, possibilitam a redução do tempo de pesquisa de defeitos e consequente aumento da disponibilidade do transformador, assim como um melhor acompanhamento da sua vida útil.

7.0 – CONCLUSÃO

Como conclusão, podemos assegurar que a solução encontrada pela CTEEP é técnica e economicamente viável e pode ser implantada em curto prazo, satisfazendo às necessidades para a operação desassistida das subestações de 138/13,8 kV e oferece informações de monitoramento de equipamento, úteis para uso da manutenção.