

MODERNIZAÇÃO DAS FUNÇÕES SELETIVIDADE LÓGICA E FALHA DO DISJUNTOR COM A UTILIZAÇÃO DA NORMA IEC-61850 (MENSAGENS GOOSE) – CASO REAL

Copyright IEEE
Trabalho nº. PCIC BR 2008 - 20

Eduardo Zanirato
SEL - Schweitzer Engineering Laboratories, Comercial Ltda.
R. Ana Maria de Souza, 61 – Jardim Sta. Genebra – Campinas-SP
eduardo_zanirato@selinc.com

Resumo – Este artigo trata de um caso real de otimização da proteção elétrica em uma subestação de uma concessionária de distribuição de energia, buscando maior confiabilidade do sistema com abertura de faltas no menor tempo possível, através da utilização das funções de seletividade lógica e falha do disjuntor com troca de informações GOOSE entre IED's.

As características operacionais das subestações de distribuição da concessionária são semelhantes as subestações existentes nas grandes indústrias do Brasil, permitindo assim estender os benefícios obtidos neste caso a todos os novos projetos na área industrial que fizerem uso da norma IEC 61850.

O artigo finaliza com uma discussão sobre os benefícios que foram estendidos aos consumidores da concessionária em função do projeto de modernização e da adoção de um sistema totalmente automatizado na subestação.

Palavras chave – Seletividade Lógica, breaker failure, GOOSE, IEC61850

I. INTRODUÇÃO

A concessionária de energia elétrica é brasileira e com região de atuação em parte dos Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. Atualmente a concessionária atende a aproximadamente 1,950,000 consumidores, servindo em torno de 5,700,000 pessoas, 228 cidades são atendidas em uma área de 120,000 km². A concessionária possui 120 subestações em operação e 74,300 km de linhas de distribuição.

A. A Modernização de Subestações e a utilização dos protocolos da norma IEC 61850

Em 2006, a concessionária iniciou o processo para modernização de 30 subestações. Uma especificação foi elaborada com a utilização do protocolo DNP3 para integração dos IEDs em um sistema supervisório.

Posteriormente a concessionária resolveu solicitar uma opção de automação da subestação baseada na norma IEC 61850 e estudar os benefícios que a nova norma poderia fornecer. Embora os investimentos com treinamentos da equipe, eventuais alterações de filosofia e os custos envolvidos em alterações do projeto em um primeiro momento pudessem indicar que a alternativa com os protocolos da norma IEC61850 tivesse custo maior que as demais soluções, alguns pontos se mostraram

altamente atrativo para a decisão final.

A motivação para a escolha da nova filosofia do projeto de subestações com utilização dos protocolos de comunicação da Norma IEC61850 foi baseada:

- No uso de comunicação de alta velocidade em rede Ethernet;
- Interoperabilidade de equipamentos de diferentes fabricantes;
- Significativa redução na quantidade de cabos a serem utilizados, agilizando o comissionamento e reduzindo a probabilidade de falhas;
- Na alta confiabilidade e disponibilidade do sistema, com uso de projeto mais simples e arquitetura mais eficiente;
- A utilização de uma solução na qual a obsolescência não seria um problema no futuro próximo;
- Garantia de fácil expansibilidade.

II. SUBESTAÇÃO GUARUJÁ 2 – PRIMEIRA SUBESTAÇÃO A SER MODERNIZADA

O projeto teve início com a modernização da SE Guarujá 2 de 138-13,8kV 2x25/33,3 MVA, que atende a uma região de alta concentração de carga, no litoral do estado de São Paulo e com a característica adicional de ser um importante pólo de turismo para o estado.

A. Equipamentos para proteção, controle e medição

A Fig. 2 mostra a distribuição dos IEDs nos bays da subestação.

Os IEDs desempenham todas as funções de proteção, controle, medição, intertravamentos, automatismos, registro de eventos, oscilografia, monitoramento de desgaste dos disjuntores, etc.. Nenhum dispositivo ou equipamento adicional, tais como, blocos de aferição, relés auxiliares, medidores, etc., foram instalados. Os IEDs de proteção utilizados possuem contatos de alta capacidade de interrupção, podendo assim operar diretamente as bobinas de abertura e fechamento dos disjuntores, dispensando relés auxiliares.

III. REQUISITOS DO PROJETO

Com base nas condições operacionais foram definidas as lógicas e automatismos da subestação. A filosofia adotada na elaboração das lógicas obedece às seguintes premissas:

- As lógicas referentes aos bays devem, preferencialmente, ser desenvolvidas no nível de IED, de maneira descentralizada e com o mínimo possível de interligações físicas entre os equipamentos.

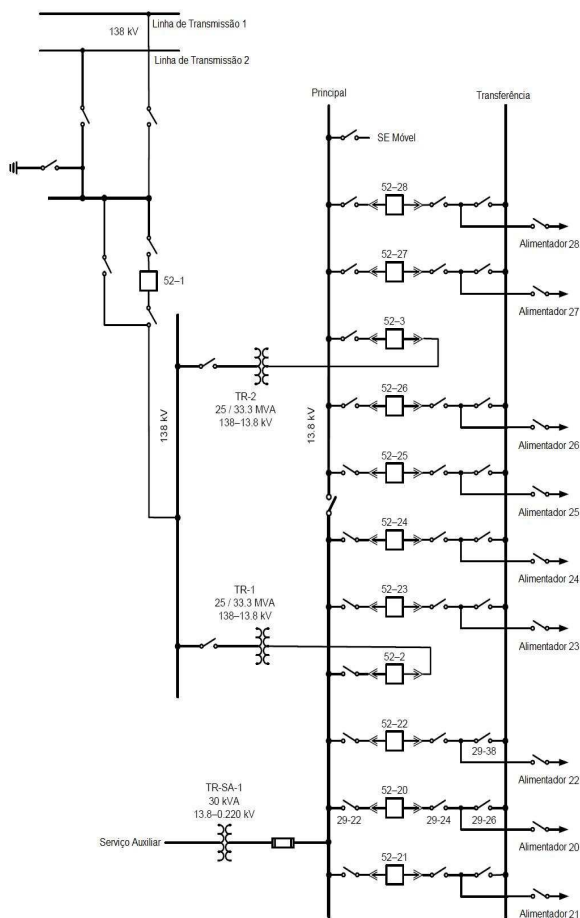


Fig. 1. Unifilar SE Guarujá 2

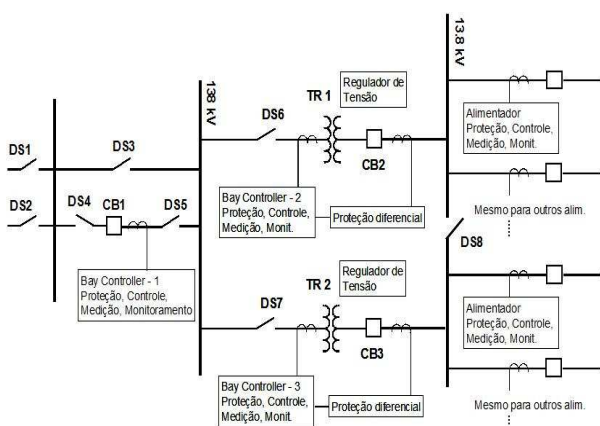


Fig. 2. Distribuição dos IEDs nos bays

- Tempo de processamento suficientemente pequeno para atuação das lógicas garantindo um correto funcionamento de funções de proteção. Para isto, os tempos de processamento de todas as lógicas do usuário devem ter o mesmo o mesmo tempo de processamento que as funções de proteção do IED.

- As lógicas no nível de subestação, com troca de informações entre IEDs devem ser implementadas utilizando-se mensagens do protocolo IEC 61850 GOOSE.
- Sempre que possível deve haver redundância nas lógicas, isto é, a lógica deve ser implementada em dois IEDs.
- A falha simples de um canal de comunicação Ethernet não deve comprometer a execução das lógicas.

IV. ARQUITETURA DA REDE

A arquitetura do Sistema de Proteção, Supervisão, Controle e Automação deveria ser modular e distribuída, onde os equipamentos deveriam ser instalados em painéis específicos para cada bay de entradas de linhas, transformadores e o conjunto de alimentadores de distribuição.

Para atender alguns dos requisitos descritos no item anterior, a rede de comunicação interna da subestação foi projetada para que permitisse canais de comunicação redundantes, isto foi possível porque os IEDs possuem interfaces Ethernet redundantes, funcionando em "Fail Over Mode", isto significa que na falha do cabo de comunicação ou de um switch Ethernet a comunicação pode ser transferida para a outra interface Ethernet sem degradar o sistema.

A arquitetura da rede de comunicação é mostrada na Fig. 3.

V. FUNÇÃO SELETIVIDADE LÓGICA

A seletividade lógica é um esquema de comunicação entre relés de sobrecorrente instalados em cascata em diferentes pontos de um mesmo circuito com o intuito de possibilitar a utilização de suas unidades instantâneas de proteção sem perda da seletividade, diminuindo assim os tempos dos "steps" de proteção e, por conseguinte, o tempo de eliminação de faltas.

Na prática, esta função traduz-se no envio de um sinal discreto de um determinado relé sensibilizado por uma corrente de falta a um relé a montante, o qual também está sentindo uma falta suficiente para sensibilizar qualquer uma de suas unidades instantâneas. O relé a montante, tão logo percebe através de uma entrada lógica, que o relé a jusante está sensibilizado para atuação, retardará em um tempo suficiente (milissegundos) o "trip" de suas funções instantâneas.

A seletividade lógica poderá existir em diversos degraus. Assim, é necessário que o relé, ao sentir entrada de seletividade lógica fechada indicando que um relé a jusante está sentindo a falta, deverá retardar somente a atuação de "trip" de suas funções instantâneas. Caso estas funções instantâneas também sejam sensibilizadas por correntes de valor maior que o seu "pick-up", a saída de seletividade lógica deverá fechar para bloquear o relé que está no próximo degrau de seletividade. Ou seja, o bloqueio interno do relé quando de sua entrada de seletividade lógica estiver fechada bloqueará o "trip" das funções instantâneas durante o tempo específico, mas não o fechamento de saída auxiliar de seletividade lógica para o relé à sua montante.

As funções temporizadas dos relés continuarão a atuar como retaguarda da proteção do relé a jusante.

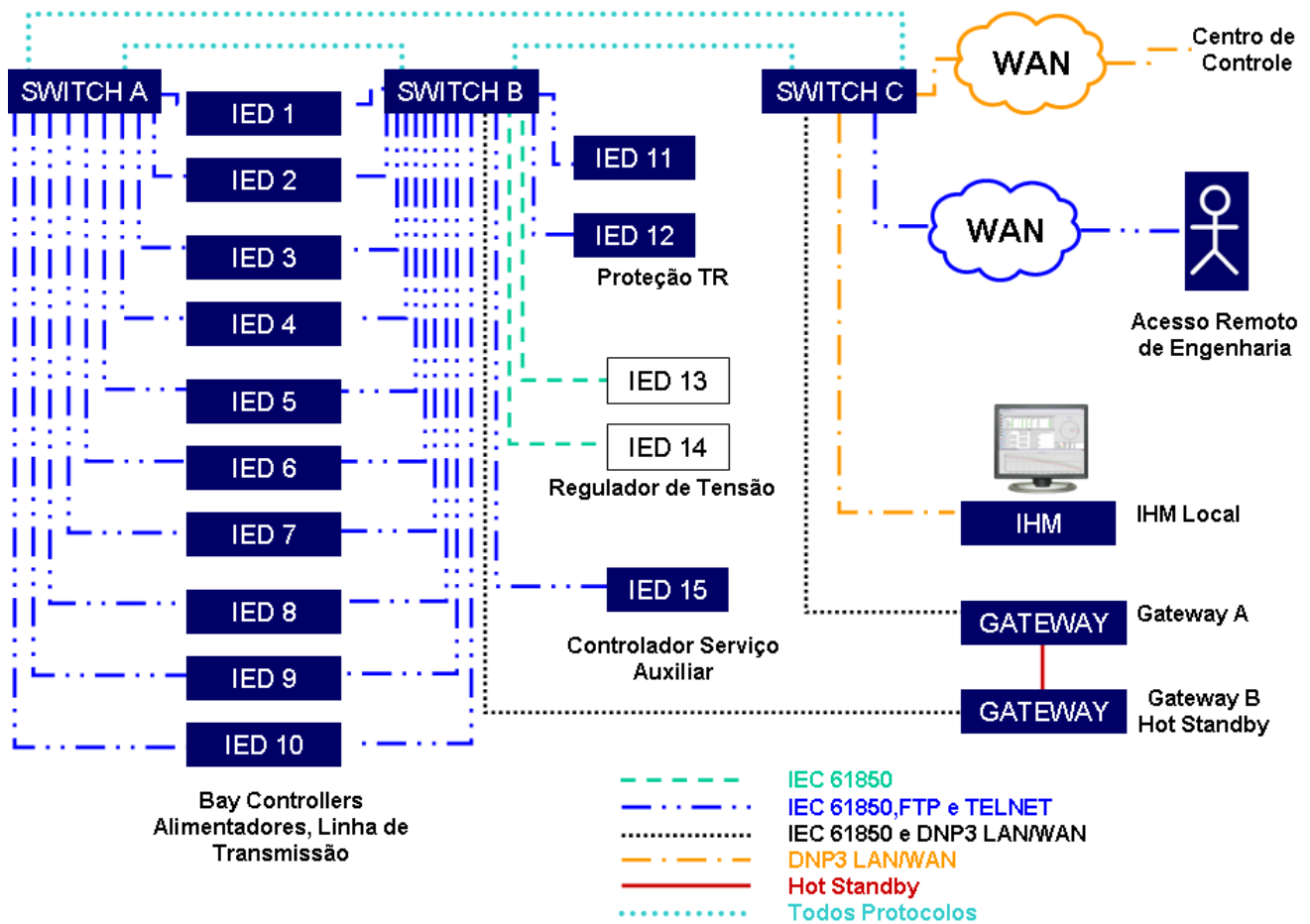


Fig. 3. Arquitetura adotada para o sistema de automação

VI. FUNÇÃO FALHA DO DISJUNTOR

A função falha de disjuntor (50BF) também tem tido uma aplicação cada vez maior nas indústrias visando a redução dos tempos de eliminação de faltas.

Esta função fará com que o relé feche uma saída auxiliar quando comandar o “trip” do disjuntor e este não abrir, após um determinado tempo. O relé continuará a supervisionar o circuito após comando de “trip” de sobrecorrente. Se a corrente continuar acima de um certo valor ajustável decorrido um certo tempo ajustável após o “trip”, o relé fechará um contato auxiliar que comandará a abertura de um disjuntor a montante.

VII. MENSAGENS GOOSE PARA FUNÇÕES SELETIVIDADE LÓGICA E FALHA DO DISJUNTOR

Um dos maiores benefícios na utilização da norma IEC-61850 neste projeto foi a utilização da comunicação peer-to-peer IEC61850 GOOSE para a troca de mensagens entre os diversos IEDs e utilização destas informações nas lógicas de proteção, automatismos e intertravamentos.

A melhora das condições operativas da subestação, com a utilização de automatismos para manobras que antes eram executadas pelos operadores, resultou no aumento da confiabilidade, da segurança e da disponibilidade do sistema e uma grande diminuição no tempo de interrupção a que os consumidores estavam

sujeitos.

A. Proteção 50BF

Esta função de proteção tem a finalidade de minimizar os danos ao sistema e demais equipamentos durante uma falta em que ocorra a falha de abertura do disjuntor que recebeu o comando de trip da proteção.

Em função da utilização das mensagens GOOSE, foi possível aprimorar a lógica que passa a atuar conforme a configuração do sistema, ou seja, caso a seccionadora de interligação de barras de 13,8 kV esteja fechada, a ordem de trip irá para os dois transformadores. Caso o disjuntor do secundário de um dos transformadores já esteja aberto, nada será modificado.

A Fig. 4 ilustra a utilização da mensagem GOOSE para o envio do comando de abertura para o disjuntor do secundário do transformador devido a ocorrência da falha do disjuntor de um dos alimentadores.

A redundância na comunicação entre os IEDs é muito importante para o esquema de falha de disjuntor, pois aumenta consideravelmente a confiabilidade do esquema no caso de falha de uma das conexões, como mostrado na Fig. 5.

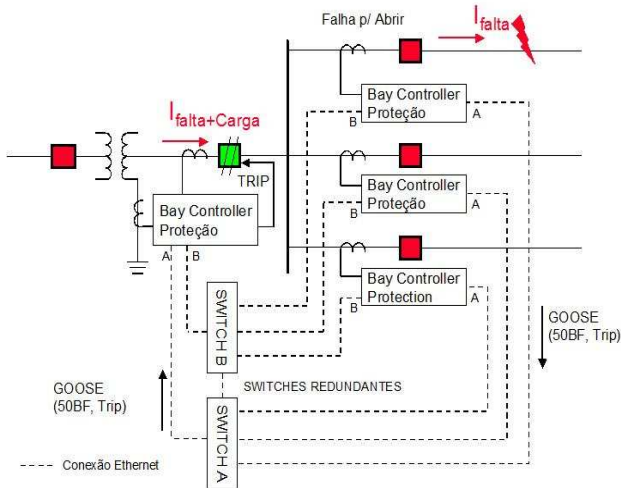


Fig. 4. Implementação da função 50BF com mensagens GOOSE

B. Proteção da Barra 13.8 kV

O esquema de seletividade lógica foi adotado para permitir a atuação da proteção de forma mais rápida para defeitos internos na subestação.

atuação. Mensagens GOOSE foram usadas para esta finalidade. A Fig. 7 exemplifica a filosofia adotada para esta função.

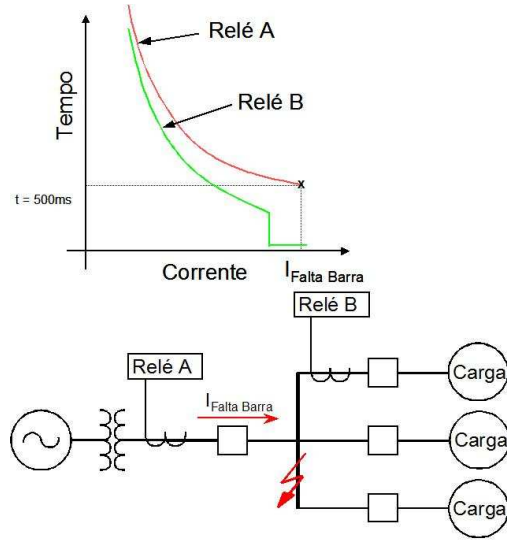


Fig. 6. Coordenação tradicional elementos de sobrecorrente

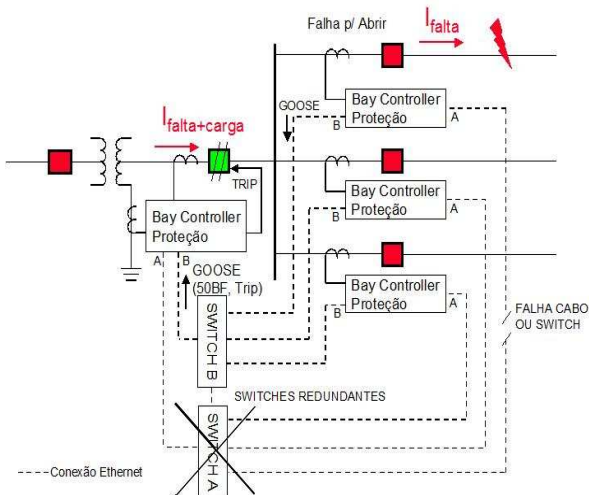


Fig. 5. Esquema 50BF no caso de falha da conexão Ethernet

Em um esquema de coordenação tradicional a função de sobrecorrente instantânea do relé do secundário do transformador é bloqueada, faltas que ocorram na barra de 13.8 kV serão eliminadas em tempo relativamente longo, algo em torno de 500ms, veja Fig. 6.

Um esquema de seletividade lógica foi aplicado para que faltas na barra de 13.8 kV possam ser eliminadas em um tempo curto. Neste esquema, um elemento de sobrecorrente de tempo definido é habilitado no relé do secundário do transformador para detectar faltas na barra de 13.8 kV, o tempo de atuação é ajustado em 100 ms. Para evitar que o mesmo atue de maneira não coordenada, para um falha em um dos alimentadores, um sinal, para bloqueio desta função de sobrecorrente de tempo definido, é enviado pelos relés dos alimentadores sempre que os mesmos detectam uma falha dentro de sua área de

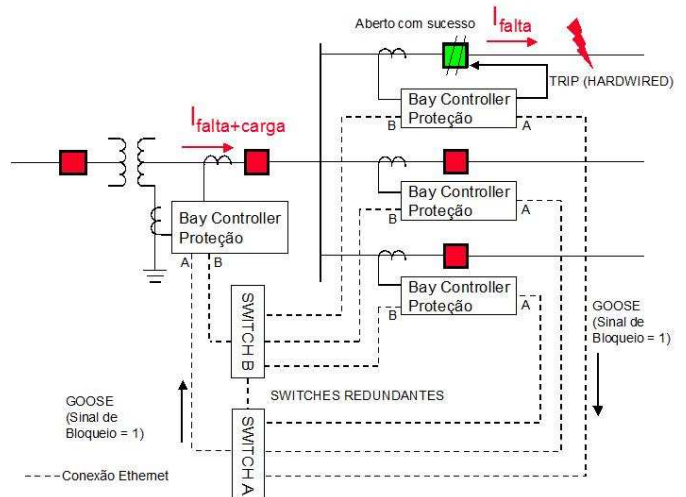


Fig. 7. Mensagem GOOSE para bloqueio do elemento sobrecorrente rápido

No caso de falha da conexão poderia haver uma falha de coordenação para faltas nos alimentadores. Porém o estado da conexão é monitorado pelos IEDs. Quando não há mudança no valor de nenhuma variável, as mensagens GOOSE são transmitidas em intervalos de tempo predeterminados, de acordo com o ajuste "Max. Time(ms)", que é mostrado na Fig. 8. Caso o IED receptor da mensagem (Subscriber IED) detecte que a mensagem GOOSE não foi recebida dentro do tempo máximo esperado, a variável Message Quality será ativada. Na Fig. 9 está destacado que a Message Quality da mensagem GOOSE publicada pelo IED AL20 (Feeder 20) está associada com a variável CCIN048 do IED RP1TR1 (Transformer 1 Bay Controller). As variáveis CCINnn representam entradas binárias virtuais que podem ser utilizadas nas lógicas internas do IED.

A variável Message Quality foi usada para gerar alarmes

na IHM, indicando falha na recepção de mensagens GOOSE, também foi usada no esquema de seletividade lógica para bloquear o trip pelo elemento de sobrecorrente rápido do secundário do transformador ou liberá-lo no caso de falhas na comunicação, veja Fig. 10.

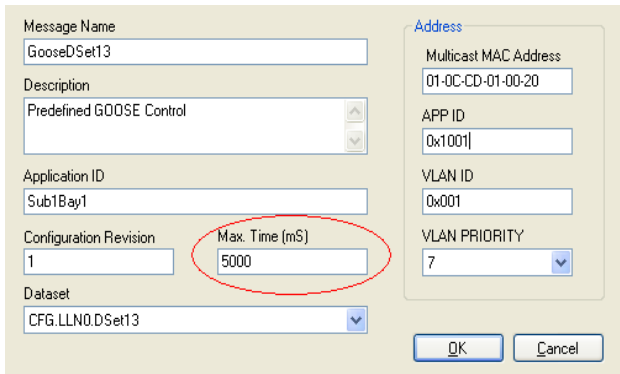


Fig. 8. Programação mensagem GOOSE

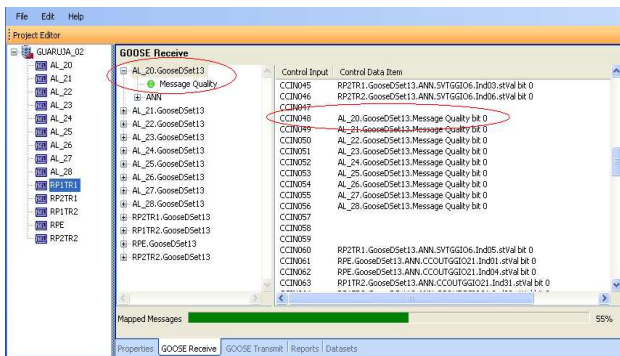


Fig. 9. Quality Message

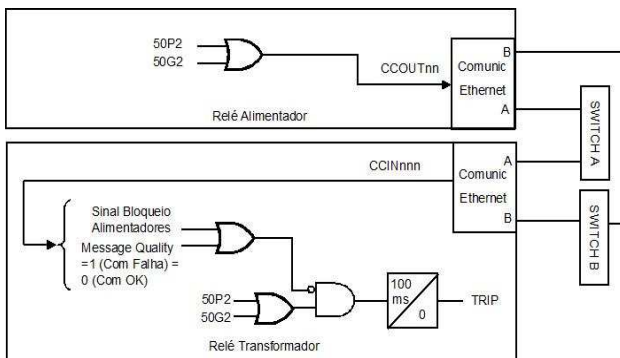


Fig. 10. Seletividade Lógica

VIII. PLATAFORMA DE TESTES

A réplica completa de uma subestação foi construída no laboratório de automação do fornecedor, incluindo os elementos pertencentes a rede IEC61850, IHM, simuladores de disjuntores, seccionadoras, proteções intrínsecas de transformadores, etc, para execução de todos os testes necessários. Esta plataforma será utilizada durante a toda a fase de implantação do projeto, isto é, por 4 anos.

O objetivo da plataforma é fazer todos os testes de homologação, validando o sistema como um todo, e verificar exaustivamente as consistências das lógicas, para cada um das 30 subestações, antes da entrada em

operação de cada uma delas.

As informações como velocidades de comunicação entre IED e tráfego de dados no sistema são observadas e validadas em conjunto com a equipe de engenharia da concessionária.

O objetivo da plataforma de testes é agilizar o comissionamento em campo e evitar que erros sejam detectados em uma fase tardia do comissionamento, garantindo que quando iniciado o comissionamento todas as lógicas estarão apenas revalidadas. Evitar qualquer tipo de alteração de lógicas em campo.

Importante observar que não é necessário alterar a fiação da plataforma de teste para as diferentes subestações, uma vez que a troca de informações entre IEDs é feita através de mensagens GOOSE, portanto somente os ajustes dos IEDs são modificados.

IX. CONCLUSÕES E RESULTADOS

Após a experiência prática dos primeiros meses de operação da modernizada SE Guarujá 2, os resultados são totalmente satisfatórios, não só pela redução no número de intervenções da manutenção nos novos equipamentos, mas sim pela sensível redução na indisponibilidade de energia aos consumidores, conseguida devido à rapidez com que o sistema se normaliza após uma ocorrência. Situações que exigiam 2 a 3 horas para reconhecimento, análise e liberação para reenergização, agora são passíveis de reenergização quase que imediatas devido aos automatismos implementados.

O acesso remoto de engenharia e a coleta automática de oscilografias também contribuem com uma rápida análise e tomada de decisões.

O monitoramento dos equipamentos permite uma manutenção mais inteligente e econômica.

A padronização dos projetos e lógicas, a utilização do protocolo IEC61850 GOOSE e os testes prévios realizados em laboratório permitiram uma redução de 40% no tempo de comissionamento do sistema de automação de cada subestação.

As lógicas de seletividade e falha do disjuntor sendo feitas dentro dos IED's também minimizou as diversas interligações de contatos auxiliares dos disjuntores que sofriam alterações devido as diversas condições operacionais possíveis nas rotinas da Concessionária.

A utilização do protocolo IEC61850 GOOSE possibilitou a redução em 50% no volume de cabos de controle utilizados no projeto de modernização quando comparado às soluções tradicionais.

Nas aplicações de seletividade lógica e função 50BF utilizadas até o momento pela Concessionária seria totalmente inviável checar problemas de interligação entre os IEDs, sendo que, para isto seria necessário uma parada programada para verificação de fiação e o estado das conexões das entradas e saídas digitais. Normalmente, uma falha destas interligações sempre era descoberta da pior maneira possível, ou seja, quando da atuação das proteções de maneira descoordenada pela falta do recebimento do sinal de bloqueio lógico.

No novo sistema, o monitoramento da qualidade de comunicação entre os IEDs é constante, e qualquer falha deste link entre equipamentos é reportada ao Sistema Supervisório de maneira rápida e confiável.

A redução no tempo de eliminação falta (The reduction of fault-clearing time) contribui para a qualidade de energia,

pois reduz o tempo de afundamento de tensão e também contribui para um aumento na vida útil dos equipamentos, especialmente do transformador.

X. REFERÊNCIA

[1] R. Abboud, R.Moraes, J. Bahia, E.Zanirato,S.Kimura, André Rotta, *"Paper: Applying.IEC61850 to Real Life : Modernization Project for 30 Electrical Substations"*, WPDAC, April 2008.

XI. CURRÍCULO

Eduardo Zanirato, formado engenheiro eletricitista pela Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Brasil. Desde 2005, trabalha na Equipe de Engenharia da Schweitzer Engineering Laboratories. Sua experiência inclui proteção e controle de sistemas elétricos industriais. Fornece suporte técnico para os clientes da SEL Brasil em aplicações envolvendo proteção e controle e treinamentos sobre relés de proteção microprocessados. Atuou como coordenador técnico do projeto de Modernização de 30 Subestações da concessionária envolvendo a Norma IEC61850. Atualmente é Consultor de Aplicação na Área Industrial, com atenção especial para o setor petroquímico.