



**XXI SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

**GRUPO 15**

**GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO  
E TELECOMUNICAÇÃO PARA SISTEMAS ELÉTRICOS- GTL**

**ESQUEMAS DE AÇÕES CORRETIVAS PARA MISSÕES CRÍTICAS ATRAVÉS DE REDES INTELIGENTES VIA  
ETHERNET**

**Dave Dolezilek  
SEL – SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES**

**RESUMO**

Enquanto os sistemas de proteção especiais (“special protection systems” – SPSs) frequentemente efetuam a rejeição de cargas, os esquemas recentes sofisticados baseados em ações corretivas (“remedial action schemes” – RASs) reduzem ou interrompem a saída de geração durante uma condição de emergência. Sob certas condições de carga, a geração recentemente adicionada às redes de transmissão previamente balanceadas cria condições do sistema que violam os critérios de confiabilidade estabelecidos.

O uso de métodos IEC 61850 GOOSE padronizados evita a customização requerida para implementar sistemas de comunicação para RASs locais individuais, permite a coordenação centralizada para habilitar, desabilitar e testar o sistema, e simplifica a coordenação da manutenção do sistema. A confiabilidade é melhorada através dos recursos para monitoramento dos parâmetros ponto-a-ponto da rede e resposta rápida às condições anormais.

Esses métodos de mitigação devem ser usados em toda a área de operação da SCE, bem como em todas as interligações com concessionárias vizinhas para facilitar a rejeição dinâmica de cargas / trip da geração e permitir um melhor gerenciamento das cargas.

Os SPSs e RASs têm que ser implementados para proteger os sistemas existentes que são requisitados para atender a novas gerações e cargas, são interligados com sistemas fracos, ou têm características geográficas que reduzem a estabilidade. Uma vez protegidos, o controle automático da carga e geração garante estabilidade ao mesmo tempo em que melhora a produção e a confiabilidade. Assim que são implementados, o controle e o monitoramento de uma área ampla são adicionados de forma segura para substituir a estimativa de estado pelo gerenciamento e medição de estado em tempo real.

**PALAVRAS-CHAVE**

RAS, SPS, Missões Críticas, IEC-61850, GOOSE

**1.0 - TECNOLOGIA DE OPERAÇÃO E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO**

A Tecnologia de Operação (TO) refere-se a dispositivos e métodos, tais como redes de IEDs, usados para controlar automaticamente e operar manualmente um processo industrial. Nos sistemas elétricos de potência, as redes TO são redes de IEDs especializadas que incluem IEDs para PCM e aplicações de PCM associadas. Essas redes TO para PCM efetuam o controle automaticamente e permitem a operação manual dos dispositivos que geram, transmitem, distribuem e consomem energia. Os IEDs dessas redes também geram, transmitem, distribuem e consomem informações associadas aos processos de controle automático e operação manual.

As redes TO para PCM são redes locais que suportam uma subestação e podem também cobrir os circuitos de distribuição adjacentes ou sistemas de uma área ampla conectando diversas subestações. Como exemplo, a Fig. 1 mostra diversas redes TO locais transmitindo informações de missões críticas através de uma rede TO de área

ampla. Essas informações, incluindo sinais de teleproteção, sincrofasores, dados do SCADA (“supervisory control and data acquisition data”), dados para habilitação do RAS, alarmes de contingência do RAS, e controle de mitigação do RAS são tradicionalmente transmitidas via métodos de redes TO. Os métodos das redes TO de uma área ampla, tais como multiplexação por divisão de tempo (“time-division multiplexing” – TDM), fornecem as características de alta disponibilidade e determinísticas necessárias para as aplicações de sistemas elétricos de potência para missões críticas.

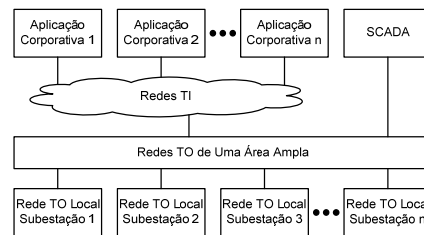


Fig. 1. Redes TO Locais Transmitem Informações de Missões Críticas Através das Redes TI de Uma Área Ampla

A Tecnologia da Informação (TI) refere-se aos dispositivos e métodos usados para transmissão de informações entre pessoas e processos. As redes TI não são a fonte de informações, mas sim o meio de condução para transmitir informações de uma fonte para uma pessoa, processo ou rede remota. No exemplo da Fig. 1, as redes TI fornecem informações para aplicações corporativas, tais como planejamento, gerenciamento de ativos e faturamento. As redes TO consistem nas fontes de informações para essas aplicações. A Fig. 1 mostra que as redes TI são conectadas às redes TO para coletar e distribuir informações para tomada de decisão. As redes TI são representadas como uma nuvem porque sua estrutura e comportamento são variáveis, adaptáveis e não determinísticos. Essas características são aceitáveis para os propósitos da TI onde a conveniência e flexibilidade são desejáveis para transmitir as informações de redes inteligentes para os processos comerciais de missões não críticas.

Atualmente, as atividades focadas na “medição inteligente” e outras aplicações periféricas das “redes inteligentes” estão sendo projetadas usando-se métodos IP com compartilhamento da faixa de banda. Várias atividades em andamento estão promovendo uma maior adoção das tecnologias TI nas redes TO para PCM de uma área ampla e área local. Contudo, as aplicações PCM em tempo real e a comunicação de missões críticas não existem em outras redes TO industriais onde métodos de TI foram adotados. As redes TO para PCM têm que ser projetadas baseando-se num claro entendimento do respectivo desempenho esperado. Essas redes TO para PCM executam “ações de redes inteligentes”, as atividades que automatizam a geração, distribuição e consumo de energia elétrica.

Os métodos IP das redes TI estão sendo promovidos para substituir os métodos de reserva de largura de banda da TO para coletar os dados e informações diretamente das redes TO para PCM locais e distribuí-los para os propósitos de tomada de decisão. Esses métodos IP, assim como outra tecnologia TI, não podem atender às necessidades da rede TO para PCM em relação à resiliência, comportamento determinístico, prioridade de tráfego, reserva de faixa de banda, robustez do hardware para o ambiente e confiabilidade, e não podem ser usados para comunicação em uma área ampla entre as redes TO para PCM locais. Portanto, se um método IP único, mas insuficiente, for promovido para todas as comunicações da rede, ele terá capacidade para suportar “informações da rede inteligente” e algumas, mas não todas, “ações das redes inteligentes”. Nesse caso, as “ações das redes inteligentes” cruciais para proteção e controle de missões críticas em serviço atualmente, cuja implementação precisa ser melhorada para modernização da rede, vão requerer uma rede determinística e separada com perda de mensagens próxima de zero. Obviamente, a melhor solução consiste em efetuar o planejamento antecipado para implementação de uma infra-estrutura única de comunicação de uma rede inteligente que execute ações de redes inteligentes para missões críticas, bem como a transmissão de informações das redes inteligentes. A Fig. 2 ilustra que, embora as redes TI sejam aceitáveis para transmissão de informações comerciais de missões não críticas, uma rede TO de uma área ampla separada ainda é necessária para as aplicações de missões críticas.

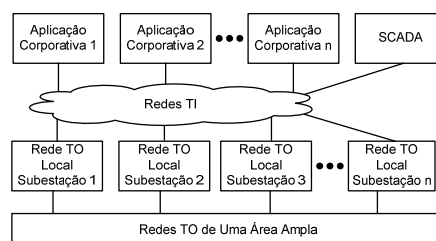


Fig. 2. Exemplo de Aplicação de Redes TI e TO de Uma Área Ampla Conectadas a Subestações

## 2.0 - O PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÕES DISTRIBUÍDAS REQUER CONEXÕES ATRAVÉS DE DUTOS ("PIPES") AO INVÉS DE PACOTES ATRAVÉS DE NUVENS

O processamento de informações inclui os resultados de cálculos especializados dos IEDs, compartilhamento de dados entre os IEDs interconectados, e o processamento de dados para criar as informações do sistema de potência. Os cálculos do RAS requerem a transmissão confiável, determinística e repetitiva das medições do sistema de potência para preparar as estratégias de habilitação. Essas características, juntamente com a entrega de alta velocidade, são requeridas para as mensagens que transmitem mudanças de estado das contingências (tal com a perda de geração) e controles para mitigação (tal como a rejeição de cargas). As redes dos RASs com TO para PCM de uma área ampla são implementadas atualmente usando tecnologias com canais dedicados como TDM. Conforme o nome implica, as tecnologias TDM, tais como as redes ópticas síncronas ("synchronous optical networks" – SONETs), dividem e reservam a faixa de banda disponível para comunicação (ou capacidade de provisão definitiva) em intervalos de tempo específicos a serem dedicados a várias aplicações. Cada aplicação, tal como um sistema RAS, possui uma quantidade de faixas de banda dedicadas constante. O sinônimo de comportamento e o ícone gráfico são similares a um duto ("pipe"), ou seja, as duas partes do sistema RAS são conectadas através de uma faixa de banda dedicada física ou virtual. A aplicação é livre para usar todas ou nenhuma das faixas de banda do pipe. Uma faixa de banda não usada é dedicada ao sistema RAS e não pode ser usada por outras aplicações. Portanto, a provisão de reserva das faixas de banda propicia uma comunicação determinística e confiável, dedicando a faixa de banda para criar um duto virtual através da rede. Os pipes de dados atendem aos requisitos de segurança e confiabilidade da rede TO, evitando intencionalmente a interferência nas comunicações por meio da segregação do tráfego. As mensagens circulam da fonte para o destino enquanto o pipe evita que múltiplas aplicações compartilhem a mesma largura de banda. Os projetistas estão certos do comportamento da rede e do caminho da mensagens.

## 3.0 - OS PIPES ROTEIAM AS MENSAGENS ATRAVÉS DE PROJETO E AS NUVENS DEPENDEM DAS INFORMAÇÕES DE ROTEAMENTO DE CADA MENSAGEM

As comunicações orientadas por pipes suportam ambos os protocolos roteáveis, aqueles com instruções para navegar em nuvem em cada mensagem, e os protocolos não roteáveis, que não têm instruções de navegação. As instruções de navegação roteáveis aumentam o overhead da mensagem e geram um risco de segurança embora simplifiquem a engenharia da rede. A rede faz um esforço máximo para rotear a mensagem através da nuvem até seu destino. Conforme mencionado, o desempenho da mensagem vai variar com as flutuações da nuvem, e não há garantia em relação à rota que a mensagem vai seguir. Mensagens não roteáveis requerem que os pipes de dados sejam configurados antecipadamente através de um canal entre a fonte e o destino. Esta pré-engenharia é menos flexível, mas fornece um desempenho mais apropriado e garantia do comportamento da mensagem.

Os protocolos roteáveis da Internet, tal como TCP/IP ("Transmission Control Protocol/Internet Protocol"), se comunicam com qualquer endereço IP dentro de uma LAN intranet ou através da Internet. Por exemplo, uma sessão Telnet é iniciada para um endereço da rede, tal como 172.168.1.1, sem a necessidade de conhecer o dispositivo específico.

Os protocolos intranet multicast, tais como as mensagens IEC 61850 GOOSE ("Generic Object-Oriented Substation Event") e "Sampled Value", não contêm recursos de endereço da rede. Esses protocolos ignoram o roteamento da rede e trafegam para todos os dispositivos em uma LAN intranet a não ser que especificamente restritos, mas não podem ser roteados para fora da LAN.

Os protocolos de comunicação não roteáveis contêm um endereço do dispositivo específico e, sem modificação, operam somente dentro das LANs proprietárias, tais como redes conectadas serialmente ou pipes com largura de banda reservada. Por exemplo, independentemente do número do telefone ou endereço IP usado para se conectar a um dispositivo DNP3, a sessão é iniciada somente para um dispositivo específico com o endereço DNP3 correspondente. As mensagens dos protocolos não roteáveis podem ser roteadas através do encapsulamento das mesmas em um protocolo roteável, tal como TCP/IP. Este método é similar ao redirecionamento de uma chamada, onde as mensagens destinadas a um número de telefone fixo são encaminhadas para um número de telefone móvel.

## 4.0 - RAS USANDO PROTOCOLO NÃO ROTEÁVEL

A Usina de Energia Elétrica Blythe ("Blythe Energy Power Plant" – BEPP), localizada em Blythe, Califórnia, foi projetada para incorporar uma configuração de ciclo combinado de queima de gás, consistindo de dois geradores com turbina de combustão de 175 MW e um gerador com turbina a vapor de 170 MW. A saída elétrica de 520 megawatts é conectada à rede de transmissão regional através do sistema de transmissão existente gerenciado pela Administração de Potência da Área Oeste ("Western Area Power Administration" – Western). A referência [1] descreve o uso com sucesso do protocolo de comunicação Mirrored Bits®, que é uma tecnologia de comunicação serial peer-to-peer que troca o estado dos dados analógicos e Booleanos, codificados numa mensagem digital, de

um dispositivo para outro. Esta tecnologia altamente segura, de baixo custo, é usada em diversas aplicações de proteção, controle, automação e monitoramento dentro da BEPP, SCE (Southern California Edison) e em todo o mundo. É um dos métodos orientados por pipes de dados, não roteáveis, mais populares dentro da TO das concessionárias de energia elétrica.

Os impactos nos sistemas de potência existentes, tipicamente causados pela adição de nova geração na rede de transmissão estabelecida, incluem frequentemente a sobrecarga de linhas de transmissão, transformadores, disjuntores e outros componentes do sistema, podendo causar violações dos critérios de confiabilidade definidos. A NERC ("North American Electric Reliability Corporation"), o WECC ("Western Electricity Coordinating Council") e os requisitos de confiabilidade locais determinam os critérios para as instalações da Califórnia, incluindo a subestação Blythe. Para mitigar os problemas de confiabilidade potenciais, a Western implementou um sistema RAS antes de conectar a BEPP à rede de transmissão. Este sistema RAS fornece recursos para redução da geração durante condições de sobrecarga da linha de transmissão. Reconhecendo a importância crescente de ter sistemas RAS confiáveis, a Western optou por implementar este sistema baseado num projeto primário dual de forma que nenhuma conexão ou dispositivo individual seja um ponto isolado de falha. A referência [1] discute o projeto e a implementação desses sistemas RAS usando relés de proteção, processadores de comunicação, módulos de I/Os digitais e um processador de I/Os.

## 5.0 - COMPARAÇÃO DE SISTEMAS RAS CENTRALIZADOS USANDO COMUNICAÇÕES MIRRORED BITS E IEC 61850 GOOSE

A SCE documentou um estudo de caso comparando o desempenho de múltiplas arquiteturas e tecnologias de comunicação disponíveis através de IEDs de proteção e automação para uso no monitoramento e controle de um RAS. A discussão inclui a descrição do projeto e aspectos de implementação de diversas tecnologias populares e padronizadas disponíveis atualmente para executar a transmissão de dados digitais de alta velocidade entre os IEDs. A referência [2] descreve a análise dos métodos serial e Ethernet para transmissão das comunicações Mirrored Bits e mensagens IEC 61850 GOOSE.

### 5.1 - As Razões da SCE para um Novo Método RAS

A SCE implementa sistemas RAS locais através de sua área de operação da transmissão, incluindo 1.183 milhas de linhas de 500 kV, 1.181 milhas de linhas de 230 kV e 350 milhas de linhas de 115 kV. Suportando esses importantes corredores de transmissão existem diversos sistemas RAS localizados em pontos independentes, com mais sistemas sendo desenvolvidos e potencial para adicionar inúmeros novos sistemas baseados nos estudos recentes de previsão de geradores. Provavelmente, o mais importante é a antecipação no desenvolvimento dos sistemas RAS que abrangem áreas bem extensas. Esses sistemas mais novos precisarão não apenas aceitar várias mensagens simultaneamente, provenientes de diversas localizações remotas, mas também processar cada mensagem e a lógica do RAS associada.

### 5.2 - O Projeto de Confiabilidade e Análise de Decisão Permite o Prognóstico do Valor e Disponibilidade do Sistema

Funcionalmente, os IEDs interconectados em um SAS fornecem dados do SCADA operacionais, acesso para análise e engenharia, e troca de dados entre os dispositivos de alta velocidade. A referência [3] identifica os principais critérios de seleção e projeto da topologia, componentes e funcionalidade da rede. Ela analisa e compara as arquiteturas serial e Ethernet de uma subestação para exemplo, usando os seguintes critérios: confiabilidade; custo dos equipamentos e comissionamento; segurança; facilidade e custo para projetar, implementar, manter e expandir; taxas efetivas de transmissão de dados; e desempenho dos sinais de controle de alta velocidade.

A Seção 4 do IEC 61850-3 estabelece que cada sistema deve ser projetado baseando-se na filosofia de segurança para falhas ("fail-safe") de forma que:

"...Não deverá haver nenhum modo de falha individual que faça com que o SAS inicie uma ação de controle não desejada, tal como abertura ou fechamento de um disjuntor. Além disso, as falhas do SAS não deverão desabilitar quaisquer funções de medição local e controle local disponíveis na subestação" [3].

A Seção 4 do IEC 61850-3 descreve as seguintes medidas de confiabilidade para comparação dos projetos:

- Confiabilidade medida de acordo com o MTBF (tempo médio entre falhas).
- Disponibilidade do dispositivo, medida de acordo com a disponibilidade porcentual.
- Disponibilidade do sistema, medida de acordo com a disponibilidade porcentual.
- Manutenibilidade do dispositivo, medida de acordo com o MTTR (tempo médio para reparos).
- Manutenibilidade do sistema, medida de acordo com o MTTR [3].

## 6.0 - ANÁLISE DO DESEMPENHO DAS MENSAGENS DO RAS DA SCE

### 6.1 - Tempos de Controle e Velocidade

A SCE estabeleceu um benchmark de 50 milissegundos para detectar uma mudança, avaliar as contingências e responder com ações de controle do RAS baseando-se em cenários com três IEDs [2]. Este tempo inclui detectar remotamente uma condição anormal, transmitindo um alarme por 460 milhas sobre uma rede de área ampla (“wide-area network” – WAN) para o controlador do RAS centralizado, determinar as ações apropriadas e, em seguida, transmitir essas ações por 460 milhas sobre uma WAN para os corretos IEDs dos RASs remotos, onde as ações de controle estão implementadas.

## 6.2 - Descrição do Teste

O teste envolve três IEDs comunicando-se um com o outro. O IED1, o IED monitor, monitora as condições da linha e, quando for apropriado, após ser detectada uma condição de linha aberta, ele envia uma mensagem de estado para o IED2, o IED processador central de lógicas. O estado do RAS, habilitado ou desabilitado, está residente no IED2, conforme estabelece a lógica para determinar quando enviar um sinal de mitigação. A condição de linha aberta é simulada pela energização de um contato de entrada no IED1. Após receber a mensagem de estado do IED1, o IED2 extrai seu conteúdo e, se o RAS estiver habilitado, efetua um cálculo para determinar se é necessária uma ação corretiva. Se o IED2 decidir executar a ação, o IED2 envia uma mensagem de comando de mitigação para o IED3, o IED de mitigação. Quando o IED3 recebe a mensagem de comando de mitigação do IED2, o IED3 energiza um contato de saída de trip. Este contato de saída é conectado (“hardwired”) a uma entrada no IED1. Dessa forma, o tempo total de duração é medido entre a detecção de uma condição de linha aberta de acordo com um contato de entrada no IED1 e a eventual saída de trip do IED3 detectada através de um segundo contato de entrada no IED1. A duração do tempo é medida através de um instrumento separado e verificada nos relatórios do Registrador Sequencial de Eventos (“Sequential Events Recorder” – SER) interno.

A SCE efetuou o teste com IEDs de dois diferentes fornecedores e testou três protocolos diferentes. Os IEDs de um dos fornecedores, referido como Fornecedor A, foram testados com dois protocolos diferentes habilitados. Esses testes foram concluídos sobre uma LAN com todos os IEDs conectados diretamente peer-to-peer ou via switch Ethernet local e através de uma conexão WAN via switch Ethernet local e roteador Ethernet. A conexão WAN era através de uma rede TO/SONET de área ampla. Isso criou essencialmente uma LAN ampla por meio da conexão de duas LANs Ethernet remotas juntas através de um pipe de dados TDM sobre SONET. As mensagens do protocolo GOOSE são publicadas para um endereço de grupo multicast e não são roteáveis sobre uma WAN. Os sistemas RAS e outros sistemas de missões críticas que usam mensagens GOOSE requerem uma WAN/TO para canalizar as mensagens roteadas entre as LANs. Para simular os tempos da WAN em operação para os testes, a SCE usou um sistema SONET entre Los Angeles e Bakersfield, na Califórnia. Isso consistiu, na verdade, em um pipe de dados transmitindo pacotes de dados através de um canal com faixa de banda dedicada e representou a maior distância que as mensagens precisariam trafegar através do sistema RAS. A SCE reconheceu que, diferentemente das comunicações Mirrored Bits não roteáveis, as instalações com protocolo GOOSE orientado a pacotes requerem conexões lógicas das LANs entre as localizações dos RASs.

A Fig. 3 ilustra o sistema da SCE com as redes dos SASs com IEDs para PCM separadas das redes dos RASs com IEDs para PCM da mesma subestação. As informações das missões não críticas da subestação podem trafegar sobre as redes TI; as informações das missões críticas, incluindo RAS e SCADA, têm que trafegar sobre a rede TO de uma área ampla. A interconexão das duas LANs desta maneira, através de SONET, aumentou as preocupações críticas de segurança que precisavam ser abordadas separadamente.

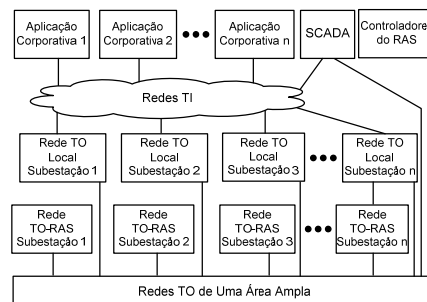


Fig. 3. Exemplo de uma TO de Área Ampla Conectando Redes PCM da Subestação com RASs Autônomos Separadas do Fluxo de Dados da TI

## 6.3 - Resultados do Teste

A

Tabela I mostra os resultados dos tempos dos testes executados. Os tempos da LAN e WAN peer-to-peer foram calculados com base nos registros do SER dos IEDs. Todos os resultados dos tempos de ida e volta para o cenário do teste com os três IEDs foram também medidos externamente usando um osciloscópio. O teste com os três IEDs foi iniciado com a detecção de uma contingência pelo IED monitor, o qual transmite um alarme para o IED central. O IED central envia uma mensagem de controle para o IED de mitigação, o qual fecha um contato de saída. A

duração medida entre o início do teste e o fechamento do contato de saída representa o sistema CRAS. Ambas as tecnologias do Fornecedor A executam em menos da metade do tempo de 50 milissegundos requerido.

Tabela I - Resultados dos Tempos dos IEDs para os Testes do Protocolo do Sistema RAS Usando o Cenário do RAS com Três IEDs

Caso de Teste	Tempo do IED Peer-to-Peer	Cenário de Teste com Três IEDs Tempo Peer-to-Peer-to-Peer
Fornecedor A Protocolo GOOSE via LAN Ethernet	4 ms	13,3 ms
Fornecedor A Protocolo GOOSE via Ethernet para WAN	9 ms	22,9 ms
Fornecedor A MIRRORED BITS via LAN serial	4 ms	4 ms
Fornecedor A MIRRORED BITS via serial para WAN	9,2 ms	22,7 ms

#### 6.4 - Análise da Confiabilidade do Sistema

A

Tabela II relaciona o tempo de indisponibilidade ("downtime") calculado esperado, que é uma medida de não confiabilidade do sistema RAS. Cada vez que um sistema se torna não confiável, ele também requer um esforço de manutenção substancial para retornar em operação.

Tabela II - Análise de Confiabilidade das Arquiteturas dos Sistemas de Comunicação Através da Análise de Faltas via Diagrama de Árvore

Caso de Teste	Disponibilidade	Média Anual Prevista de Tempo em Minutos Fora de Serviço
LAN Ethernet	99,982%	97
Ethernet para WAN	99,962%	200
LAN Serial	100%	0
Serial para WAN	99,993%	37

O uso de comunicação digital no RAS propicia benefícios significativos para o sistema em relação aos métodos tradicionais que usam múltiplas terminações de cobre para medir o estado dos contatos no campo, independentemente do(s) protocolo(s) ou meio de comunicação. A redução do número de terminações de campo, fiação e mão de obra associada, bem como da manutenção devido à reutilização de dados detectados por um único IED, transmitidos digitalmente para os IEDs integrados e outros clientes de dados, levaram a SCE a determinar o seguinte:

- Os sistemas de comunicação MIRRORED BITS orientados por *pipes*, não roteáveis, atendem a todos os critérios de aceitação do sistema CRAS.
- O protocolo GOOSE orientado a pacotes sobre Ethernet atende aos critérios de aceitação de desempenho do sistema CRAS.

Ambos os protocolos de comunicação Mirrored Bits e GOOSE são disponibilizados para todos os fornecedores para serem adquiridos ou licenciados para inclusão nos seus produtos.

#### 7.0 - O DIAGNÓSTICO EM TEMPO REAL TORNA-SE ESSENCIAL PARA O SUCESSO

Durante os testes, a SCE observou a incapacidade para verificar a operação correta das mensagens GOOSE sobre a rede Ethernet, a não ser que os IEDs fornecessem os diagnósticos. A SCE percebeu que é essencial que os IEDs forneçam tais diagnósticos para complementar a análise disponível via analisadores de rede. A referência [4] ilustra os diagnósticos que fornecem as informações necessárias de estado dos IEDs e estado das mensagens diretamente do IED em serviço.

#### 7.1 - Monitoramento da Qualidade e Desempenho das Mensagens GOOSE

Os IEDs que trocam mensagens GOOSE automaticamente monitoram as comunicações para determinar a qualidade da mensagem. Cada dispositivo detecta erros nas mensagens recebidas e a falha no recebimento de mensagens esperadas dos outros dispositivos, executando ações corretivas imediatamente.

## 7.2 - Identifique Exclusivamente Cada Revisão da Configuração no IED

Uma vantagem muito importante consiste na capacidade de identificar para qual desempenho das comunicações o IED está configurado por meio da restituição do nome do arquivo e revisão da configuração diretamente do IED enquanto o mesmo está em operação. Dessa forma, é possível efetuar uma referência cruzada do desempenho deste IED com o desempenho de outros IEDs através dos arquivos de configuração.

Adicionalmente, separando a configuração do IEC 61850 dos outros ajustes de proteção e automação do IED através do download do arquivo de configuração da SCL, é possível certificar-se que nenhum outro ajuste foi afetado ou modificado acidentalmente. Os IEDs que suportam um relatório GOOSE fornecem o estado em tempo real das mensagens GOOSE de entrada e saída e sua configuração. Cada relatório inclui as informações de desempenho e configuração das mensagens para cada mensagem GOOSE que está sendo publicada e para aquelas para as quais o IED subscreveu.

## 7.3 - Calcule e Visualize a Confiabilidade das Mensagens GOOSE e a Disponibilidade do Canal

Uma vez que tenha sido calculado e registrado como um SER com estampas de tempo, o estado da qualidade de cada mensagem GOOSE é usado para calcular a confiabilidade e a disponibilidade. A qualidade da mensagem indica falha quando uma mensagem está corrompida ou não foi recebida dentro de um determinado tempo ("time to live" – TTL). A observação de falhas indica a confiabilidade das mensagens GOOSE individuais. Se a falha da qualidade da mensagem for intermitente, a duração das falhas é calculada como a diferença entre as estampas de tempo. A agregação da duração da falha em relação a um certo tempo determina a disponibilidade do canal.

## 8.0 - MELHORANDO O ESTADO DA ARTE COM OS SINCROFASORES

Os sincrofasores vão contribuir de forma crescente para a operação confiável e econômica dos sistemas de potência à medida que os esquemas de proteção e controle em tempo real passarem a ser amplamente usados. As medições fasoriais síncronas ("synchronous phasor measurements" – SPMs) são disponibilizadas atualmente nos relés e medidores; contudo, está faltando formas práticas de processamento dos dados em tempo real.

### 8.1 O SVP

O objetivo do SVP é coletar as SPMs, coletar as entradas lógicas, efetuar cálculos escalares e vetoriais, tomar decisões, produzir saídas e reportar dados. Uma tarefa simples para um SVP pode ser a coleta de SPMs de duas extremidades de uma linha de transmissão, a comparação dos ângulos de tensão e a emissão de um alarme para um operador se um limite for ultrapassado.

### 8.2 Implementação do RAS com SVP

Na implementação do RAS com SVP, os relés encaminham os dados dos sincrofasores e o SVP determina se há uma perda de carga, sobrepotência, etc. O resultado líquido indica que a implementação de uma solução com SVP e a utilização de abertura via sistemas de comunicação de alta velocidade podem economizar três quartos de um ciclo.

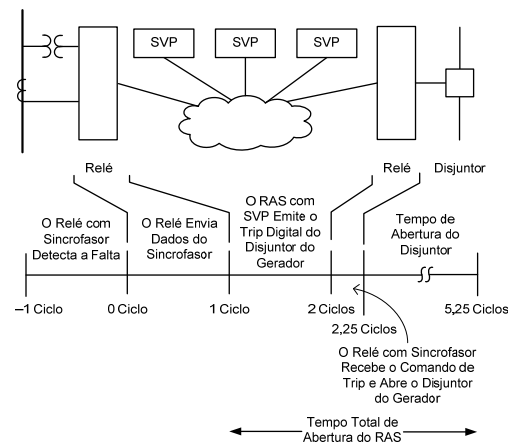


Fig. 4. Tempo de Eliminação do RAS com SVP

## 9.0 - CONCLUSÕES

As tecnologias rápidas e confiáveis do SPS e RAS maximizam a eficiência dos novos ativos de geração, transmissão e distribuição em operação.

- A adição de geração nova à rede de transmissão pode impactar o sistema de potência existente violando potencialmente os critérios de confiabilidade.
- Os impactos nos sistemas de potência existentes, tipicamente causados pela adição de geração nova à rede de transmissão estabelecida, incluem frequentemente a sobrecarga de linhas de transmissão, transformadores, disjuntores e outros componentes do sistema, podendo causar violações dos critérios de confiabilidade definidos. Os esquemas RAS são projetados para coletar rapidamente as medições do sistema de potência e gerenciar a carga e geração para evitar violações e fornecer estabilidade.
- O uso de comunicação digital para aquisição de dados e controle do RAS propicia benefícios significativos para o sistema em relação aos métodos tradicionais que usam múltiplas terminações de cobre para medir o estado dos contatos no campo, independentemente do(s) protocolo(s) ou meio de comunicação. O número de terminações no campo, fiação e mão de obra associada, assim como a manutenção, são reduzidos devido à reutilização de dados transmitidos digitalmente.
- A Seção 4 do IEC 61850-3 resume as práticas de projeto e medidas de confiabilidade de grande utilidade para maximizar a confiabilidade e disponibilidade do sistema.
- Os relatórios GOOSE fornecem diagnósticos rápidos para solução de problemas, documentando a configuração e estados das mensagens GOOSE de entrada e saída.
- Agora que as SPMs são amplamente disponibilizadas nos relés de proteção e medidores, chegou a hora de usá-las para melhorar o sistema de potência. O SVP facilita as aplicações em tempo real.
- A medição direta de estado tornou-se uma realidade em função da ampla disponibilidade das SPMs. O SVP desempenha um papel na medição direta de estado e pode realmente reduzir a quantidade de informações transmitidas para a estação *master*.

## 10.0 – REFERÊNCIAS

- [1] M. Agudo, D. Fox, D. Dolezilek, and R. Jenkins, "Case Study: Integrate Substation IEDs to Provide Reliable, Independent Dual-Primary Remedial Action Schemes," proceedings of the 5th Annual Power Systems Conference, Clemson, SC, March 2006.
- [2] M. Gugerty, R. Jenkins, and D. Dolezilek, "Case Study Comparison of Serial and Ethernet Digital Communications Technologies for Transfer of Relay Quantities," proceedings of the 33rd Annual Western Protective Relay Conference, Spokane, WA, October 2006.
- [3] G. W. Scheer and D. Dolezilek, "Selecting, Designing, and Installing Modern Data Networks in Electrical Substations," proceedings of the 9th Annual Western Power Delivery Automation Conference, Spokane, WA, April 2007.
- [4] R. Jenkins and D. Dolezilek, "Case Study: Using IEC 61850 Methods for RTU Replacement and Distributed Automation," proceedings of the 10th Annual Western Power Delivery Automation Conference, Spokane, WA, April 2008.
- [5] E. O. Schweitzer, III and D. Whitehead, "Real-Time Power System Control Using Synchrophasors," proceedings of the 34th Annual Western Protective Relay Conference, Spokane, WA, October 2007.



## 11.0 – BIOGRAFIA

**Dave Dolezilek** é o diretor de tecnologia da Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. Ele é engenheiro elétrico, BSEE da Montana State University, com experiência em proteção, integração e automação de sistemas elétricos de potência, bem como em sistemas de comunicação, controle, SCADA e EMS. Ele é autor de inúmeros artigos técnicos e continua a efetuar pesquisas em tecnologias inovadoras de interesse para nossa indústria. Dolezilek é um inventor patenteado e participa de diversos grupos de trabalho e comitês técnicos. Ele é membro do IEEE, IEEE Reliability Society, grupos de trabalho do CIGRE, e dois Comitês Técnicos da International Electrotechnical Commission (IEC) para segurança e padronização global de sistemas e redes de comunicação de subestações.