



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GPC 16
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO V

GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO E CONTROLE EM SISTEMAS DE POTÊNCIA – GPC

PROCEDIMENTOS DE TESTE DE CONFORMIDADE E INTEROPERABILIDADE À LUZ DA NORMA IEC 61850 APLICADOS A SUBESTAÇÕES

***A. Cascaes Pereira¹
R. T. S. Alexandre⁴**

¹UERJ/ONS
⁴ARTECHE

**M. E. C. Paulino²
L. Biondi Neto⁵**

²ADIMARCO
⁵UERJ

**D. Cáceres³
E. Silva⁶**

³KEMA
⁶PETROBRAS

RESUMO

O presente trabalho apresenta os procedimentos de teste de conformidade e interoperabilidade que devem ser realizados nos Sistemas de Automação de Subestações (SAS) utilizando a norma da IEC (*International Electromechanical Commission*) denominada IEC 61850. Tais testes destinam-se a demonstrar que o SAS possui conformidade com a norma citada e atende ao conceito de interoperabilidade para as funcionalidades especificadas.

Como fundamento para a compreensão dos procedimentos de teste descritos a seguir, são apresentadas no trabalho, noções sobre a linguagem SCL (*Substation description Configuration Language* ou linguagem de configuração de subestações) e sobre a norma IEC 61850 e suas características. São enfocados os diferentes testes que devem ser realizados em um SAS e os componentes associados, iniciando-se por uma verificação das funcionalidades de cada IED, individualmente, até os testes de interoperabilidade, funcionais e de desempenho de todo o SAS.

Os testes devem ser realizados em etapas. Numa primeira etapa é verificado se as funções não distribuídas fornecidas com o IED (*Intelligent Electronic Device* ou dispositivo eletrônico inteligente), tais como proteção, oscilografia, registro seqüencial de eventos, medição, sinalização, alarmes etc. estão operando corretamente.

Em seguida, são realizados os testes de sistema, envolvendo dois ou mais IEDs. Verifica-se a conformidade com a norma IEC 61850 e a interoperabilidade para cada uma das funções distribuídas. São simuladas as mensagens trocadas pelos IEDs, incluindo as informações de configuração e operacionais SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*), transferidas no modo cliente-servidor, bem como as mensagens de alta velocidade, denominadas GOOSE ou GSSE.

A própria norma IEC 61850-10 reconhece a impossibilidade de se testar todas as situações do sistema, em condições normais e degradadas e envolvendo IEDs dos diversos fabricantes disponíveis. Assim, devem ser considerados cenários de teste que sejam realistas e verifiquem as situações mais desfavoráveis que possam ocorrer efetivamente. Sempre que possível, devem ser usadas arquiteturas de teste idênticas ou equivalentes à arquitetura final do SAS, testando-se, além da conformidade com a norma, as funcionalidades especificadas e considerando-se os fabricantes e modelos de IEDs que serão fornecidos. Para os IEDs não disponíveis ou futuros deve ser feita uma simulação de sua operação, utilizando-se uma ferramenta computacional específica.

As seguintes etapas de teste devem ser consideradas:

- Teste funcional de cada componente individualmente;
- Teste funcional dos IEDs de um mesmo vão
- Teste funcional de um conjunto de IEDs de diferentes vãos, incluindo os equipamentos no nível subestação.

Deve ser verificado se a documentação e as versões de *software* e *hardware* do fabricante estão compatíveis, bem como se o arquivo de cada IED está concordante com a configuração definida para a subestação, segundo a linguagem SCL. Adicionalmente, devem ser considerados os casos de testes positivos e negativos. Conforme definido na Parte 10 da norma IEC 61850, os testes positivos correspondem à verificação de condições normais, em que se deve ter uma resposta positiva, como por exemplo, a operação do relé. Estão associados à disponibilidade do sistema. Os testes negativos correspondem à verificação de condições anormais, em que se deve ter uma resposta negativa, como por exemplo, a não operação do relé. Estão associados à segurança do sistema.

PALAVRAS-CHAVE

Norma IEC 61850, Testes funcionais, Testes de conformidade e interoperabilidade, integração de sistemas de automação e proteção, rede de IEDs de proteção e controle.

1.0 - INTRODUÇÃO

O advento da norma IEC 61850 veio possibilitar o uso de redes LAN Ethernet de alta velocidade e elevada confiabilidade, permitindo o compartilhamento de informações entre os diversos IEDs, bem como a disponibilização dessas informações aos diferentes usuários de empresas de energia elétrica ou grandes consumidores industriais (operador local, operador do centro de controle, pessoal de manutenção, engenharia de proteção, análise de faltas etc.). Além disto, a norma citada veio solucionar o problema das expansões dos sistemas digitalizados, oferecendo a garantia de interoperabilidade entre IEDs de fabricantes diferentes, reduzindo drasticamente o custo do sistema expandido.

Entretanto, o correto funcionamento de um sistema utilizando a norma IEC 61850 e empregando fabricantes diferentes requer a execução de testes de conformidade, funcionais e de interoperabilidade, de preferência, em ambiente comercialmente neutro. Deverá ser possível verificar se o conjunto integrado, incluindo a rede de comunicação e IEDs, está conforme com a norma IEC 61850 e irá realizar adequadamente as diversas funções de proteção e automação utilizadas, mantendo o desempenho especificado. O ponto mais crítico será a verificação do desempenho das funções distribuídas que envolvam IEDs de fabricantes diferentes, considerando as condições mais desfavoráveis de fluxo de dados e outros sinais na rede LAN.

O presente trabalho enfoca o desenvolvimento de procedimentos para os testes citados e a preparação de métodos de avaliação de desempenho das funcionalidades de um SAS, à luz da norma IEC 61850. O trabalho considera um conjunto de IEDs de proteção compatíveis com a norma IEC 61850, fornecidos por fabricantes diferentes e interligados em rede.

Não é objeto deste trabalho descrever ou analisar os testes normalmente realizados durante a fabricação de um IED de proteção específico, como por exemplo, os testes de tipo, os testes de fábrica (FAT – *Factory Acceptance Tests*) e os testes de conformidade para homologação do IED por uma terceira parte.

2.0 - USO DA LINGUAGEM SCL

Para que a descrição precisa dos IEDs, incluindo as informações fornecidas na especificação e a configuração da rede possa ser interpretada por qualquer ferramenta computacional compatível, é utilizada a linguagem SCL, que incorpora os conceitos de herança e polimorfismo presentes nas linguagens orientadas a objetos. Esta linguagem é baseada no modelo CIM-XML (*Common Information Model - eXtended Markup Language*), largamente utilizado em diversas aplicações, inclusive na área de EMS (*Energy Management System*).

Um dos objetivos da linguagem SCL é a uniformização da nomenclatura utilizada, através de um modelo único de descrição de dados, criando um vocabulário comum que facilita a troca de informações entre programas. Outro objetivo é possibilitar o desenvolvimento e reutilização de ferramentas computacionais que aperfeiçoem e agilizem o trabalho de engenharia. Utilizando-se uma ferramenta computacional em linguagem SCL e incluindo as informações sobre a configuração e funcionalidades do SAS e características da rede de comunicação, obtém-se um arquivo que representa todo o SAS, o qual é denominado arquivo SSD (*System Specification Description* ou descrição da especificação do sistema).

Por outro lado, as diversas possibilidades e funcionalidades disponíveis em um determinado IED são representadas nesta linguagem através do arquivo ICD (*IED Capability Description* ou descrição das capacidades do IED), o qual é preparado pelo fabricante do IED e entregue como parte do fornecimento.

O arquivo SSD, juntamente com os arquivos ICD dos diversos IEDs, configurados, através do emprego de uma ferramenta de engenharia adequada, de modo a atender aos requisitos especificados para um determinado cliente, dá origem ao arquivo SCD (*Substation Configuration Description* ou descrição da configuração da subestação). Este arquivo é o correspondente digital do conjunto de diagramas esquemáticos e lógicos de uma subestação e deve ser arquivado como parte da documentação desta subestação para consultas pelo pessoal de manutenção e para

possibilitar futuras expansões. O arquivo de cada IED, depois de configurado para um projeto específico, passa a ser denominado arquivo CID (*Configured IED Description* ou descrição da configuração do IED) daquele IED.

A Figura 1 mostra a relação entre os diferentes tipos de arquivos.

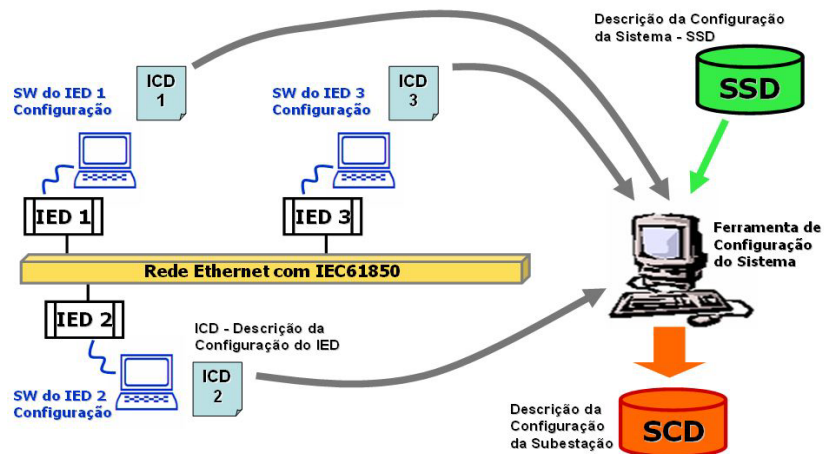


FIGURA 1 – Geração do Arquivo SCD

3.0 - A NORMA IEC 61850

Esta norma foi desenvolvida tendo como objetivos principais integrar os diversos dispositivos de uma subestação através de uma rede de comunicação única utilizando linguagem padronizada, atendendo aos requisitos funcionais e de desempenho. Esta linguagem padronizada deverá assegurar interoperabilidade entre os IEDs da subestação. Por interoperabilidade entende-se a capacidade de dois ou mais IEDs, fornecidos por um ou vários fabricantes, de se comunicarem entre si, compartilhando informações e utilizando estas informações para executar as funções especificadas. Um outro objetivo da norma é possibilitar a comunicação entre IEDs com alta velocidade e confiabilidade elevada. Isto possibilita substituição dos cabos de controle por redes de comunicação, reduzindo o custo global. A norma deve, ainda, suportar desenvolvimentos tecnológicos futuros sem requerer alterações significativas no *software* e *hardware* do SAS.

Para alcançar os objetivos acima, o novo padrão utiliza a abordagem orientada a objeto e subdivide as funções em objetos denominados **nós lógicos** que se comunicam entre si. Nó lógico é um grupamento funcional de dados. É também a menor parte de uma função ou subfunção que pode intercambiar dados com outros objetos. Cada nó lógico possui seu próprio conjunto de dados. Os dados são compartilhados entre os nós lógicos segundo regras que são chamadas **serviços**. Os nós lógicos são agrupados em dispositivos lógicos (funções), os quais estão contidos em dispositivos físicos (IEDs).

A Norma IEC 61850 fornece modelos de objetos, serviços, testes e protocolos padronizados para garantir níveis mais altos de interoperabilidade entre IEDs, incluindo as aplicações. Representa mais do que um novo protocolo de comunicações. É, na verdade, um novo estágio tecnológico na área de proteção e automação. Possui as seguintes características, conforme mostrado na Figura 2:

- Aplicação de Modelos de Objetos
- Serviços abstratos (ACSI): relatórios, controles, etc.
- Mapeamento das informações para TCP/IP e Ethernet
- Uso da Linguagem de Configuração de Subestação (SCL)
- Testes de Conformidade

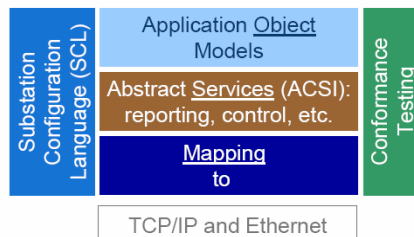


FIGURA 2 – Componentes da Norma IEC 61850

Estas características permitem que o SAS seja considerado uma plataforma aberta de Proteção e Automação de Subestações, independentemente dos fornecedores. Por outro lado, o emprego de ferramentas de engenharia e configuração em Linguagem SCL permite que as mesmas possam ser reutilizadas. Os sinais do processo e de outros IEDs (por exemplo, proteção, disjuntores, transformadores de corrente e tensão) estão definidos e os modelos de funções e objetos são padronizados, otimizando a reutilização, copia e consistência do software aplicativo.

A Figura 3 a seguir mostra uma arquitetura simplificada de um SAS que utiliza a norma IEC 61850, incluindo os equipamentos elétricos, IEDs, controlador de estação e console de engenharia, mostrando também o barramento do processo.

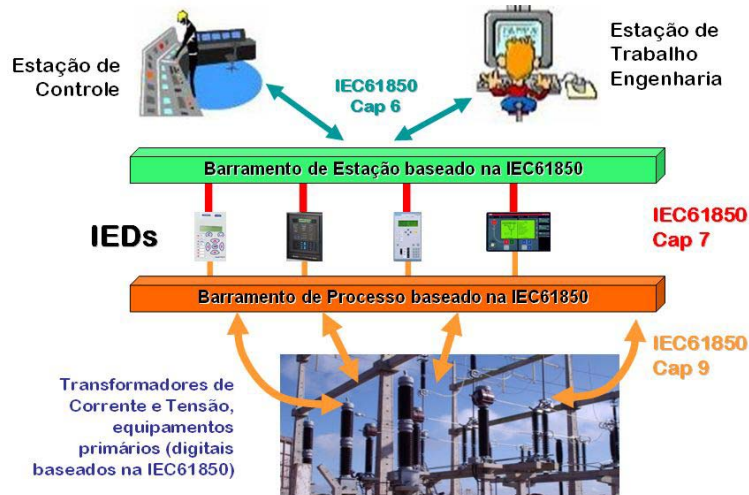


FIGURA 3 – Arquitetura Simplificada de um SAS Utilizando a Norma IEC 61850

São considerados três níveis hierárquicos na subestação: nível **estação**, nível **vão** e nível **processo**. As comunicações podem ser verticais, realizadas entre níveis hierárquicos diferentes, ou horizontais, que ocorrem dentro do mesmo nível.

As informações verticais, como por exemplo as informações de configuração e operacionais (SCADA), são transferidas no **modo cliente-servidor**, diferentemente do modo mestre-escravo utilizado em outros protocolos. Este modo de transmissão utiliza todas as camadas do modelo OSI, tem a vantagem de ter desempenho determinístico, embora seja relativamente lento, com tempos de resposta da ordem de 1 s. O servidor corresponde ao nível vão ou do processo, que fornece dados aos clientes no nível estação ou em qualquer nível remoto. Os dados são fornecidos pelo servidor, por solicitação do cliente ou automaticamente, a partir de eventos predefinidos. O cliente é, em geral, o computador da estação ou um *gateway* (utilizado para conversão para outro protocolo). Pode ser também um centro de controle remoto. É possível, portanto, haver múltiplos clientes. Neste tipo de comunicação, o cliente é quem controla a troca de dados.

As comunicações horizontais, por sua vez, incluem as mensagens **GOOSE** (*Generic Object Oriented Substation Event*) ou **GSSE** (*Generic Substation Status Event*). Utilizam o **modo editor - assinante** (*publisher-subscriber*), ou **produtor - consumidor** em que o editor distribui as informações na rede, no modo **unicast** ou **multicast**, o que significa que um único ou múltiplos IEDs podem receber a mensagem e utilizá-la ou não, conforme sua necessidade. O IED assinante, que pode ser qualquer dos IEDs, recebe da rede aquelas informações que lhe forem necessárias. A comunicação não depende de um sinal de confirmação, sendo, porém, repetida várias vezes para aumentar sua confiabilidade. O tempo de comunicação não é determinístico, porém, na maior parte dos casos, fica entre 4 ms e 8 ms.

A grande vantagem das mensagens GOOSE ou GSSE é permitirem a interligação entre dois ou mais IEDs através da rede, intercambiando mensagens com alta velocidade e confiabilidade, substituindo as ligações físicas por meio de cabos ou fios.

É importante mencionar que um dos objetivos da norma IEC-61850 é a diminuição ou quase eliminação dos cabos de controle que conduzem os sinais de estados, alarmes e comandos, transferindo esta função e responsabilidade para a rede de comunicação e para os próprios IEDs.

Com isso, os IEDs de proteção, que operavam independentemente um do outro, passam a atuar de forma integrada, tendo como vantagem que, para certas funcionalidades, como por exemplo, os intertravamentos ou a proteção de falha de disjuntor, poderão compartilhar informações coletadas por outros IEDs. Com isso, as redes

de comunicação passarão a ter um papel de muito maior importância dentro do sistema de proteção e automação. Conseqüentemente, a escolha dos componentes da rede (*switches*, roteadores, cabos de comunicação etc.) e a sua topologia deve ser cuidadosa, devendo ser selecionados equipamentos com baixíssimo MTBF (tempo médio entre falta), adequados a ambientes com grande interferência eletromagnética e aptos a trabalhar com os sinais de alta velocidade (GOOSE, GSSE) previstos na norma IEC 61850. Outras características desejáveis para os componentes da rede, em especial as *switches*, é sua flexibilidade para a formação de redes virtuais (VLANs) e a possibilidade de trabalhar com topológica em anel, com tempo reduzido para recomposição do anel no caso de falha de uma das rotas.

Para a definição da topológica da rede mais adequada devem-se levar em conta as funcionalidades requeridas, o grau de importância da instalação no qual está implantado o sistema, a taxa de falhas admissível e o custo de todos os componentes. As principais topologias normalmente usadas em subestações, mostradas na Figura 4 são: barramento simples, barramento duplo, anel simples, anel duplo ou uma composição destes.

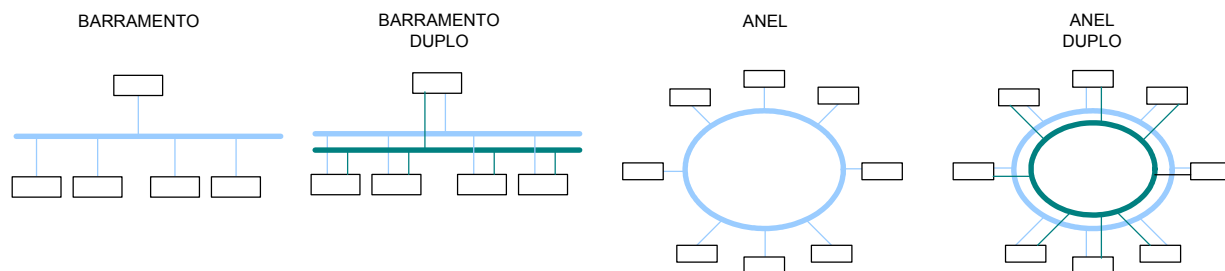


FIGURA 4 – Topologias da Rede Utilizadas em Subestações

4.0 - TESTES DE CONFORMIDADE

A norma IEC 61850, em sua Parte 10, estabelece os requisitos para os testes de conformidade a serem realizados em um IED ou em um SAS. O objetivo destes testes é verificar se o dispositivo sob teste (*Device Under Test – DUT*) obedece aos requisitos de comunicação definidos pela norma IEC 61850. No presente trabalho serão considerados apenas os testes de conformidade realizados em um determinado SAS. Admite-se que os testes de conformidade para cada um dos IEDs que fazem parte do SAS são da responsabilidade do respectivo fabricante e, em geral, são realizados por uma organização independente. O certificado de homologação deve ser fornecido como parte da documentação do IED. Adicionalmente, devem também ser fornecidos pelo fabricante do IED, os arquivos MICS (Model Implementation Conformance Statement), PICS (Protocol Implementation Conformance Statement) e PIXIT (Protocol Implementation eXtra Information for Testing), descritos adiante. Estes arquivos são implementados em linguagem SCL e contém informações importantes sobre as possibilidades de comunicação e teste dos IEDs, assim como sobre a arquitetura interna e o SCSM (Specific Communication Service Mapping ou serviço de mapeamento de comunicação específico).

Para realizar os testes de conformidade e os testes funcionais é necessário dispor de um conjunto de teste adequado, incluindo, pelo menos um equipamento de teste baseado na norma IEC 61850, uma rede Ethernet, um computador e as ferramentas computacionais necessárias. A Figura 5 mostra as conexões que devem ser realizadas.

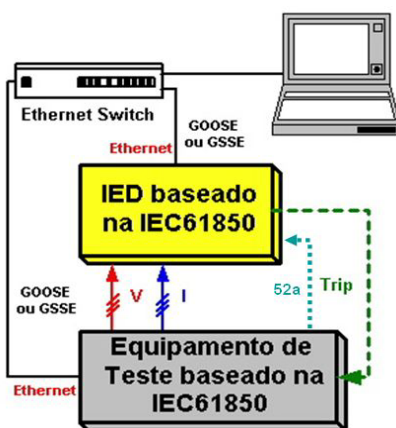


FIGURA 5 - Equipamentos Para a Realização de Testes de Conformidade e Funcionais

O equipamento de teste deve ser capaz de simular a comunicação vertical, como por exemplo, as informações de configuração e operacionais (SCADA), transferidas no modo cliente-servidor, assim como a comunicação horizontal, incluindo as mensagens GOOSE ou GSSE, no modo editor-assinante (*publisher-subscriber*). O editor realiza publicações de mensagens, ou seja, envia para o IED sob teste mensagens GOOSE. O assinante realiza subscrições, ou seja, recebe e armazena as mensagens enviadas pelo IED, avaliando o estado dos atributos nessas mensagens.

O sistema de teste deve ser composto por um equipamento capaz de simular o processo de um SAS, com fontes de corrente e de tensão e simulação de comandos do processo (bobina de disparo do disjuntor, estado do disjuntor e chaves, etc.). Este equipamento também deve possuir comunicação Ethernet para interagir com a rede LAN sob teste. Ainda fazem parte do sistema um conversor eletro-ótico, *switch* para conexão dos componentes do sistema de teste simulando a rede LAN do SAS e um conjunto de ferramentas de teste para análise e simulação, em linguagem SCL. Essas ferramentas deverão ser integradas em uma Interface Homem Máquina (IHM).

São objetivos dos Testes de Conformidade: reduzir os riscos de não interoperabilidade a um nível aceitável, fornecer o máximo de confiança ao cliente de que o dispositivo interoperará com outros dispositivos certificados, além de realizar um teste de tipo da interface de comunicação de um SAS.

É sempre recomendável realizar o Teste de Conformidade antes da integração do sistema no campo a fim de descobrir, ainda em tempo, possíveis diferenças de interpretação e possíveis erros de software, bem como a exata funcionalidade da implementação do protocolo. Desta forma, o cliente que está adquirindo o SAS evitará comportamentos inesperados na fase operacional e poupará tempo e dinheiro nas fases de implementação e manutenção do sistema.

O Teste de Conformidade deve incluir o seguinte:

- Documentação e controle de versão, conforme IEC 61850 Parte 4, contendo :
 - Arquivo PICS – (*Protocol Implementation Conformance Statement*), que corresponde ao resumo das possibilidades de comunicação do IED ou SAS a ser testado.
 - Arquivo MICS – (*Model Implementation Conformance Statement*), que detalha o padrão dos elementos do objeto de dados suportado pelo IED ou SAS a ser testado.
 - Arquivo PIXIT – (*Protocol Implementation esXtra Information for Testing*), que contém informações específicas relativas ao IED ou SAS a ser testado e que estão fora do escopo da norma.
- Configuração (SCL), conforme IEC 61850 Parte 6
- Modelo de objeto de dados, conforme IEC 61850 Partes 7-3 e 7-4.
- Serviços de comunicação, conforme IEC 61850 Partes 7-2, 8-1, 9-1 e 9-2

5.0 - TESTES DE INTEROPERABILIDADE

Para o teste de interoperabilidade devem ser conectados à LAN dois ou mais IEDs, devendo ser geradas e transmitidas mensagens no padrão IEC 61850. Para isto, o equipamento de teste deve ser capaz de simular estas mensagens. Quando possível, uma solução mais realista será utilizar os próprios equipamentos do SAS para gerar as mensagens, desde que se disponha de um analisador compatível com a norma IEC 61850 capaz de analisar as mensagens GOOSE e demais mensagens geradas pelos IEDs.

Sabemos que não é prático nem possível testar todas as possibilidades de comunicação de um relé com todos os demais IEDs de um SAS, uma vez que o número de possibilidades é muito grande e cresce exponencialmente com o número de IEDs. O que é prático e pode ser realizado, de forma realista, é estabelecer cenários de teste prováveis e que representem as condições mais desfavoráveis esperadas. As situações de tráfego carregado poderão ser simuladas por um computador adicional conectado à rede.

Considera-se que cada IED tenha sido previamente testado com relação à conformidade com a norma e os requisitos funcionais e que a operação das funções não distribuídas tenha sido também previamente verificada, sendo observadas as mensagens geradas e recebidas pelo IED relativamente a sinais de status, comandos, alarmes e informações para a interface homem máquina (IHM).

Diante da grande complexidade representada por um SAS com funções distribuídas, sugere-se começar pelas situações mais simples e ir aumentando, pouco a pouco, o grau de complexidade. Iniciar com dois IEDs, testando as funções distribuídas menos complexas e com a rede sem tráfego. Prosseguir com os testes até que todas as funções distribuídas que envolvam os dois IEDs tenham sido testadas. Somente então acrescentar um terceiro IED e, depois outro, até que todo o SAS tenha sido testado. Lembrar que a situação mais crítica para a interoperabilidade ocorre quando temos IEDs de fabricantes diferentes operando com funções distribuídas.

Como exemplo, pode-se simular uma falta envolvendo dois ou mais IEDs de proteção ou controle e analisar as mensagens trocadas por estes IEDs, incluindo as mensagens verticais para o IHM (status, alarmes e comandos) e as mensagens horizontais (GOOSE ou GSSE). Cada uma das funções distribuídas deve ser testada, simulando-se as diversas situações que possam ocorrer. Os IEDs futuros, ou aqueles que não estiverem disponíveis por ocasião do teste, podem ser simulados por uma ferramenta computacional adequada.

Um conjunto de IEDs conectados a uma rede LAN, juntamente com simulador de mensagens GOOSE, analisador de protocolo, IHM, armazenamento, captura e visualização dos dados de teste, além de uma fonte controladora e geradora dos sinais analógicos, está mostrado na Figura 6. O equipamento de GPS (*Global Position System*), embora não mostrado, também faz parte do conjunto.

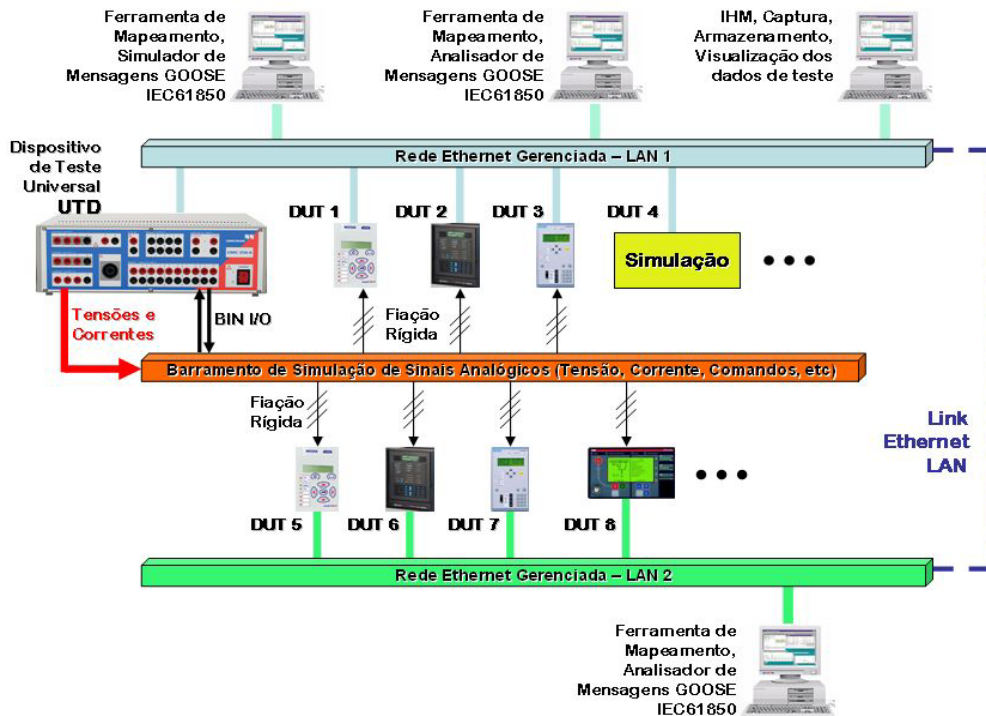


FIGURA 6 – Sistema Para Teste de Interoperabilidade de Vários IEDs

Mesmo considerando que todos os IEDs componentes de um SAS foram aprovados nos testes de conformidade de responsabilidade do fabricante, poderão ocorrer diferenças entre IEDs que irão dificultar os testes de interoperabilidade. É importante lembrar que a realização dos testes funcionais e de interoperabilidade no ambiente controlado de um laboratório é muito superior à busca de defeitos e sua correção no campo. No laboratório, os testes são feitos passo a passo e se dispõe de ferramentas computacionais de análise que facilitam a identificação de problemas. No campo, poderão aparecer defeitos simultâneos, que irão dificultar muito sua localização e reparo, podendo prolongar de forma não controlada o prazo de realização dos testes de campo.

6.0 - TESTES DE DESEMPENHO

Os testes de desempenho de um SAS destinam-se a verificar se o desempenho de cada função se mantém dentro dos limites especificados, mesmo quando a rede de comunicação é submetida a condições críticas de tráfego de mensagens ou ruído. Aplicam-se tanto às funções distribuídas quanto às não distribuídas. Durante os testes de desempenho são verificados os tempos máximos de operação de funções, assim como os tempos máximos que cada mensagem (especialmente as mensagens GOOSE) irá levar desde sua geração em um IED até que seja recebida pelos IEDs subscritores que irão utilizar a informação.

7.0 - CONCLUSÃO

A utilização de IEDs baseados na norma IEC 61850 requer o emprego de novos equipamentos e metodologias de teste. O uso da linguagem SCL para os IEDs de uma subestação permite o desenvolvimento de novas ferramentas computacionais e a adaptação de outras já existentes, facilitando enormemente e automatizando a realização dos testes. Através desta linguagem, os IEDs podem se auto-descrever. Dessa forma, ocorre uma acentuada diminuição da quantidade de erros decorrentes do trabalho de configuração manual. Durante o teste de funções distribuídas, os IEDs futuros ou não disponíveis no momento do teste podem ser simulados por ferramentas de teste.

Além dos testes de conformidade de cada IED específico, o teste do SAS completo, incluindo IEDs de diferentes fabricantes interligados por uma rede de comunicação, devem ser realizados em laboratório, de modo a identificar e corrigir possíveis problemas, tornando mais rápida a fase de testes de campo e o início da operação do SAS.

Tendo em vista a importância e complexidade do assunto, os autores chamam a atenção para a necessidade de preparação adequada dos técnicos e engenheiros que estarão envolvidos com as áreas de proteção e controle de subestações, para que o padrão IEC 61850 possa ser mais rapidamente assimilado e utilizado nas diversas aplicações.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) The Introduction of IEC 61850 and Its Impact on Protection and Automation Within Substations – CIGRÉ Report, 2006
- (2) International Standard IEC 61850 – Communication Networks and Systems in Substations – Part 10: Conformance Testing
- (3) VANDIVER, B. and APOSTOLOV, A. – Functional Testing of IEC 61850 Based Substation Automation Systems - CIGRÉ SC B5 Colloquium, Calgary, CA, 2005
- (4) PAULINO, M. E. C. – Testes de IEDs Operando Com Redes de Comunicação Baseados na IEC 61850 –XII ERIAC – Foz do Iguaçu, maio 2007
- (5) PAULINO, M. E. C. – Avanços Recentes em Testes de Relés Digitais Operando em Redes e Sistema de Comunicação em Subestações. Elétricas – XVI SENDI – Brasília, 2004.
- (6) CASCAES PEREIRA, A. - Rede de IEDS de Proteção – Como Obter o Máximo Benefício Para Proteção e Automação de Subestações Utilizando a Norma IEC 61850 – XII ERIAC – Foz do Iguaçu, maio 2007.
- (7) PAULINO, M. E. C – Testes de Conformidade em Relés Multifuncionais Baseados na IEC 61850 – VIII STPC, Rio de Janeiro, junho 2005.
- (8) PETER BRAND, K. et al. – Requirements of Interoperable Distributed Functions and Architectures in IEC 61850 AS Systems

9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Allan Cascaes Pereira

Engenheiro Eletricista pela PUC - Rio de Janeiro (1967) e mestre pela UFRJ (2005). Professor da Faculdade de Engenharia da UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, desde 1975, na cadeira de Proteção de Sistemas Elétricos. Engenheiro consultor na área de proteção e automação de sistemas elétricos e SCADA, presentemente trabalhando para o ONS. Membro do CE B5 do Cigré-Brasil. Coordenador no Brasil do Grupo de Trabalho GT B5.11 e membro do WG B5.11 - Introduction of IEC 61850 e do TF B5.92 - Functional testing of IEC61850 based systems, do SC B5 do CIGRÉ Internacional. Publicou 4 artigos em periódicos especializados e apresentou mais de 25 trabalhos em anais e eventos.

Marcelo Paulino

Engenheiro Eletricista pela Escola Federal de Engenharia de Itajubá EFEI. Atualmente é Gerente Técnico da Adimarco Representações e Serviços LTDA. É instrutor certificado pela OMICRON. Professor convidado no Curso de Especialização em Manutenção de Sistemas Elétricos CEMSE (UNIFEI-FUPAI). Membro do IEEE e do CE B5 do Cigré-Brasil. Coordenador no Brasil do TF B5.92 - Functional testing of IEC61850 based systems.

Luiz Biondi Neto

Doutor em Engenharia de Produção pela COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro (2001). É professor adjunto da Faculdade de Engenharia da UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, desde 1975. É Pro cientista. Atualmente exerce a função de Diretor da Faculdade de Engenharia. Sua principal área de pesquisa está ligada à Inteligência Computacional Aplicada a Sistemas Elétricos de Energia. Publicou 20 artigos em periódicos especializados e 161 trabalhos em anais de eventos. Possui 2 capítulos de livros publicados.