ENSAIOS ENVOLVENDO A IMPLEMENTAÇÃO INTEGRAL DA NORMA IEC 61850

P. S. Pereira Junior * **C. M. Martins*** **R. R. Rosa***
G. E. Lourenço** **P. S. Pereira****

*** Conprove Indústria e Comércio**
**** Conprove Engenharia**

RESUMO

A norma IEC 61850 está cada dia mais presente nas subestações do mundo todo. Com sua adoção, criam-se novas necessidades quanto aos procedimentos de testes.

Este artigo tem como objetivo abordar as novas necessidades de ensaios devido às mudanças de paradigmas ocorridas nas subestações com a adoção da IEC 61850.

Será realizado um paralelo entre os testes em Relés de Proteção e o que se altera com a implantação plena da norma IEC61850 e o reflexo disso nas novas ferramentas de ensaio.

PALAVRAS-CHAVE

IEC 61850, Ensaios, Barramento de Processos, Sampled Value, IEC 62439, IEC 61869

1. INTRODUÇÃO

A norma IEC 61850 apresentou suas primeiras partes publicadas por volta do ano de 2003 e hoje está cada dia mais presente nos instrumentos das subestações. Esta norma não é mais um protocolo de comunicação e sim uma evolução quanto à interoperabilidade. Ela é uma das peças chaves para a adoção das Redes Inteligentes (Smart Grids).

Os dois principais pontos positivos da norma são: as padronizações na modelagem de dados (Data Models) e na Comunicação, visando o intercâmbio de informações entre dispositivos de fabricantes diferentes.

No que se refere à comunicação, existem três grandes formas de troca de dados estabelecida pela IEC 61850: O Cliente-Servidor, GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) e SMV (Sampled Mensured Value) também chamado de SV (Sampled Value). A primeira forma não possui tempo

crítico, não garantindo velocidade; já a segunda e a terceira são baseadas na troca de informações com tempos críticos e de alta velocidade.

A IEC 61850 é pautada na interoperabilidade entre os dispositivos e abrange os 3 níveis do SAS: da Estação, do Bay e do Processo. Isto ocorre por dois barramentos: o barramento da estação e o de processos, com requisitos diferentes para cada tipo de comunicação.

A implementação da norma 61850 traz várias alterações quanto às formas de troca de informações para os envolvidos nas subestações, sendo elas:

a) A comunicação vertical com destino ao Supervisório, com a Norma IEC 61850, pode ser realizada com o serviço Cliente-Servidor.

b) As trocas de Status entre relés, em que se usava fiação de cobre para interligar as binárias (digital I/O), passaram a ter a opção da troca de mensagens GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event), utilizada para lógicas e intertravamentos.

c) O circuito dos secundários dos transformadores de instrumentação que chega aos medidores/relés (IED´s em geral) pode ser substituído pelas mensagens de Sampled Value (SV 9-2), com o envio dos valores já digitalizados. Estas mensagens poderiam vir de TP´s e TC´s eletrônicos ou de Merging Units.

Por se tratar de mensagens rápidas e que afetam os procedimentos de ensaios, o GOOSE e SV serão abordados neste trabalho.

Na essência, o SV, de forma extremamente básica, pode ser definido com sendo a alteração física do conversor A/D, que deixa de estar na entrada do IED e passa a ser situado no pátio da Subestação, já trazendo assim o sinal digitalizado via rede, distribuindo aos IEDs na casa de comando.

Um dos maiores benefícios do barramento de processos é quanto à economia de cabos, pois um cabo de fibra óptica que interliga o pátio com a casa de comando transmite 8 “sinais”, 4 corrente + 4 tensões.

Conforme mencionado anteriormente, a norma divide a comunicação no interior da SE através de dois barramentos: o Barramento da Estação (Station Bus) e o Barramento de Processos (Process Bus).

O Barramento da Estação conecta o nível de bay com o nível de estação e realiza a conexão entre bays. Este barramento permite o fluxo de GOOSEs de Intertravamentos e Lógicas além das Mensagens Cliente-Servidor (MMS) através das interfaces lógicas IF1, IF3, IF6, IF8 e IF9.

Já o Barramento de Processos possibilita o tráfego das mensagens GOOSE de Trip e Valores Amostrados (SV). Os dados digitalizados provenientes dos TC´s e TP´s são tratados pela Interface Lógica de número 4, IF4, e as mensagens GOOSE de Trip pela IF5. Estas duas interfaces lógicas fazem a conexão entre o nível de processo e o nível de bay, conforme mostrado na figura abaixo.

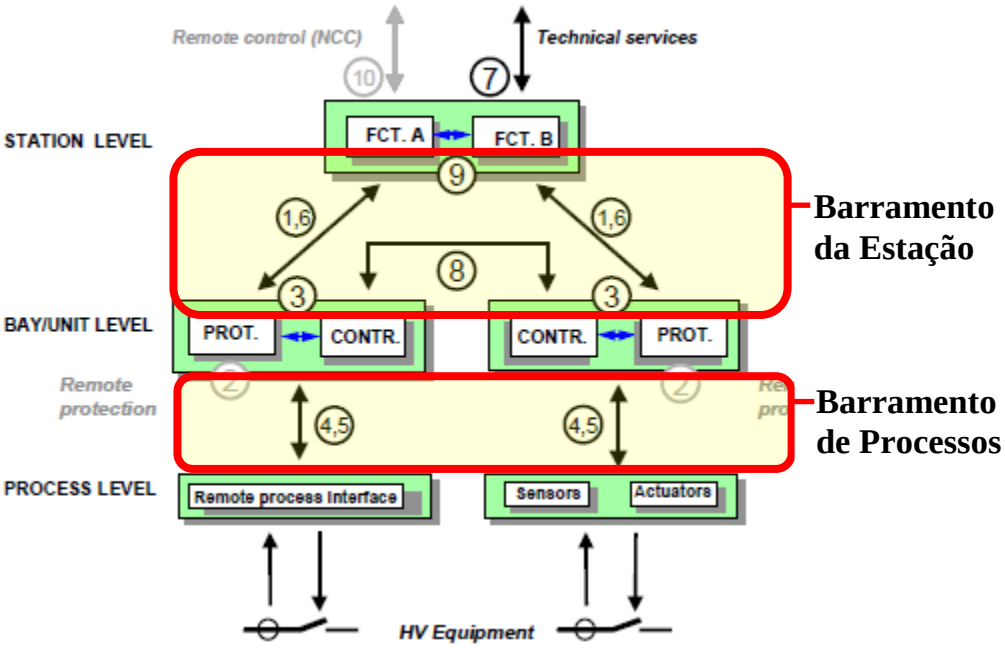

FIGURA 1 – Interfaces Lógicas e Níveis

O Barramento de processo pode ser considerado a parte mais desafiadora da norma IEC 61850. Este item trata de como as informações chegam e saem do nível de processo, através de mensagens de atuação GOOSE e medições analógicas por mensagens de Sampled Value.

A mensagem dos valores amostrados já digitalizados (SV) é injetada pela Merging Unit na rede ethernet. Um switch distribui as mensagens aos IED's e o uso de Virtual LAN evita o carregamento da rede segmentando-a. É importante lembrar que a rede Ethernet, por possuir um chaveamento estatístico, pode criar atrasos não determinísticos na transmissão dos pacotes (conforme a 61850-5 P2/3 é aceitável um atraso máximo de 3ms).

Um problema que ocorre para a padronização do barramento de processos é que a norma IEC 61850-9-2 não especificou os detalhes de implementação e até hoje ainda não há um consenso global sobre a maneira de implementação do Sampled Value (parte 9-2). Permitindo interpretações e criando vertentes, a mais famosa delas é a 9-2LE (Light Edition) que segue o guia de implementação da UCA "IMPLEMENTATION GUIDELINE FOR DIGITAL INTERFACE TO INSTRUMENT TRANSFORMERS USING IEC 61850-9-2" escrito no ano de 2004. Este guia será a vertente utilizada neste paper.

Os detalhamentos técnicos para a implantação do Barramento de processos não são o objetivo deste trabalho, para maiores detalhes favor consultar a bibliografia [4], [5] e [6].

Com esta moderna tecnologia, as novas trocas de informações e a utilização das redes ethernet, os testes deixam de ser realizados como da forma anterior, criando-se novas condições, ferramentais e possibilidades de testes.

2. OS TESTES HOJE

Atualmente o comissionamento dos IED´s (na forma de Relés de Proteção) ocorrem em duas fases: o TAF (Teste de Aceitação em Fábrica) e o TAC (Teste de Aceitação em Campo).

Dependendo da utilização do IED, do nível de tensão em que será instalado, da importância daquele elemento protegido e da filosofia de cada empresa cliente, os testes podem variar.

Hoje em dia existem diversas formas de testes, entre os mais populares destacam-se três:
- Levantamento da Características
- Falta pontual
- Reprodução de Transitório

Levantamento da Característica: Consiste em testar vários pontos de operação e não operação até localizar a borda ou utilizar os pontos de testes dentro e fora da condição de operação, margeando-a, para que este limite garanta que o limiar de atuação esteja dentro desta diferença.

Falta Pontual (Simulando uma condição de falta): Ao injetar condições dinâmicas com valores RMS de Corrente e/ou Tensão de falta, verifica-se se há ou não atuação do relé, porém não se investiga a característica.

Reprodução de Transitório: Através de Softwares de Simulação de Transitório, tais como ATP ou outros, arquivos COMTRADE ou até mesmo no software do equipamento de testes que modele o sistema com condições reais e crie a forma de onda transitória de uma condição de falta.

Nos últimos anos estamos convivendo com a implementação parcial da IEC 61850, efetivando a troca de mensagens GOOSE através do Barramento da Estação. Esta concepção por si só já insere novas condições de teste, devido a troca de mensagens GOOSE entre os IED´s, gerando assim a necessidade de sua análise e monitoramento. Porém, quando houver a instalação completa da IEC 61850, ou seja, com a adoção também do SMV no Barramento de Processos, haverão maiores alterações criando assim novas necessidades de testes.

O Sampled Value é algo que chama muita atenção, há muita expectativa a seu respeito e este vem se consolidando a cada dia.

Estas novas condições de testes com IEC 61850 serão abordadas neste artigo.

2.1 A importância dos testes

Atualmente os dispositivos microprocessados possuem constantes atualizações de firmwares. Cada vez que um firmware é atualizado isto implica em uma mudança no IED, pois o software que roda embarcado naquele hardware passa a ser outro, eliminando-se todo o histórico daquele dispositivo e exigindo que se realize um teste total novamente.

Testes abrindo IED para injeção interna, jumpeando assim condicionadores de sinais e/ou conversores A/D, não substitui o teste completo pois não possuem a mesma profundidade.

Alguns fabricantes de relés possuem pequenas rotinas de testes através de softwares dos mesmos, porém estas também não são totalmente plenas pois não dão garantia de que não exista alguma entrada queimada, ou que não esteja calibrada, ou até que não possua resposta em freqüência como especificado.

O teste na nova tecnologia é de vital importância e devemos efetuá-lo com o mesmo rigor que fazemos hoje, da forma mais próxima possível da verdadeira. Do contrário, se existir algum problema e houver uma falta real no sistema, o custo será infinitamente maior.

3. FORMAS DE IMPLEMENTAÇÃO DA DIGITALIZAÇÃO DAS CORRENTES E TENSÕES (BARRAMENTO DE PROCESSOS IEC 61850)

Há várias formas de implementação do processo de digitalização. Dependendo da tecnologia aplicada, haverá diferentes necessidades de testes de acordo com a IEC 61869-9. A tabela abaixo exemplifica as diferentes possibilidades.

A	TC+MU	Merging Unit é definida como parte do Transformador de Instrumentos
B	TC DIG SAMU	A SAMU é um elemento separado com entrada digitalizada
C	TC AN SAMU	A SAMU é um elemento separado com entrada analógica

SAMU = Stand Alone Merging Unit DIG = Conexão Digital AN = Conexão Analógico

Vale ressaltar que os dados provenientes de uma MU integrada ao TI e de uma SAMU são os pacotes de Sampled Value (9-2) e deverão ser indistinguíveis um do outro.

Com relação à saída de acordo com o Barramento de Processos (SV 9-2) os testes deverão verificar:
- Tempo de Digitalização (1PPS – Tempo do SC=0)
- Se a ordem dos SampleCount está OK
- Se não está ocorrendo perda
- Se não estão ocorrendo atrasos

Tomaremos como base para as análises o método TC AN SAMU, por se tratar de uma implementação mais fácil de ser aplicada em retrofits.

4. NECESSIDADES DOS NOVOS EQUIPAMENTOS DE TESTES

Novas condições de operação exigem assim novas condições a serem analisadas, ou seja, novos testes.

Quando se analisa apenas o IED em si o equipamento de testes passa a não necessitar mais da geração de potência haja visto que o mesmo não precisaria reproduzir sinais de secundário analógicos V e I, apenas seria necessário que o mesmo tivesse capacidade de envio de mensagens de SV ao IED sob teste.

Porém, por mais que seja digital, é preciso realizar o teste, pois um erro no IED pode ocorrer devido a hardware, firmware, na parametrização ou até mesmo nas conexões, que podem levar o IED a enviar uma atuação indevida ou não atuação, o que acarretará em milhões de dólares em prejuízos e até perdas de vidas humanas.

Para testar as outras partes do sistema como a SAMU ou o TC / TP ainda é necessário que o equipamento de testes tenha capacidade de injeção de Corrente e Tensão.

Fazendo uma analogia entre o método clássico analógico de corrente e tensão de secundário, se assim pudermos chamar, e o Barramento de Processo temos:

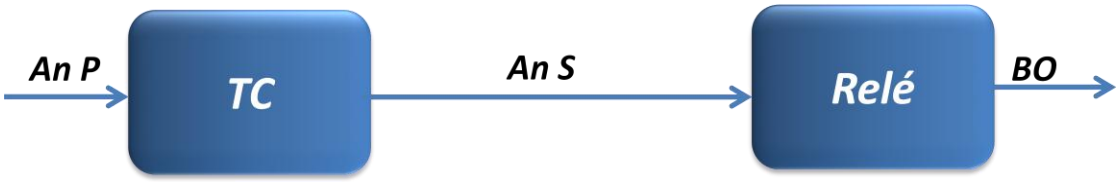

FIGURA 2 - Método Clássico com Fiação Tradicional de Cobre

FIGURA 3 - Barramento de Processos / Sampled Value

Observa-se que para o método clássico há o valor Analógico de Primário (An P) que é convertido pelo transformador de instrumentos para o valor Analógico de Secundário (An S) que chega ao relé onde será medido para o fechamento ou não de uma Binary Output (BO).

Já no barramento de processos, a saída do TC é acoplada a SAMU, onde converte o analógico de secundário para digital de acordo com a formatação SV 9-2. Este é entregue ao relé pela rede ethernet onde o mesmo irá verificar se deve ou não realizar alguma ação alterando assim o conteúdo de uma mensagem GOOSE que este está enviando.

No que diz respeito aos testes, poderemos abordar o barramento de processos dividindo-o. Os ensaios podem ser segmentados em partes sempre analisando suas entradas e saídas. Na figura abaixo o sistema está dividido e são exemplificadas as diferentes condições de testes.

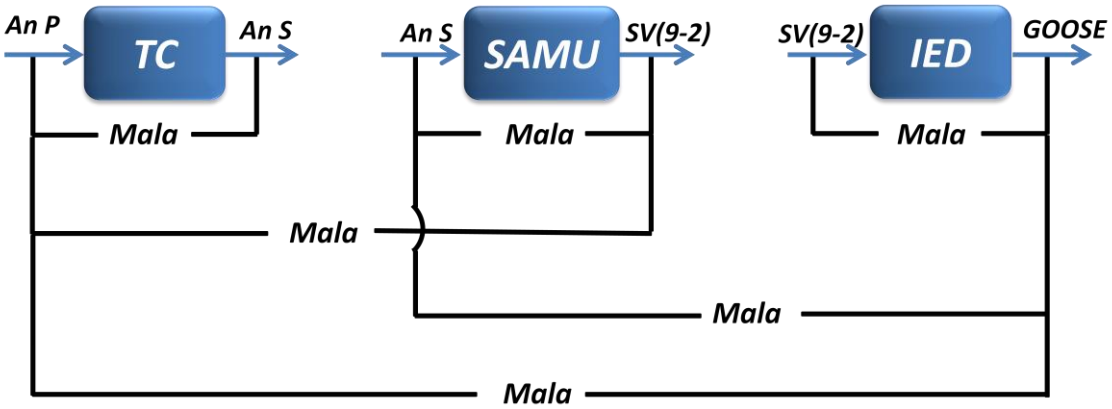

FIGURA 4 – Sistema Dividido exibindo condições diversas de testes

Em cada etapa deverá ser analisada a entrada e saída levando em conta as suas particularidades.

De acordo com o esquema montado, existem 6 opções diferentes de ensaios, sendo que cada abordagem foca um objeto ou conjunto de objetos sob teste. Sendo assim o equipamento de testes

(mala) deverá possuir capacidade de injetar e medir diversos sinais para interagir com o sistema em avaliação, como mostrado na tabela abaixo:

Testar	**Injetar**	**Medir**
TC	Corrente Primário	Corrente Secundário
SAMU	Multiplas Correntes e Tensões de Secundário	SV (9-2)
IED	SV (9-2)	GOOSE
TC + SAMU	Corrente Primario	SV (9-2)
SAMU + IED	Multiplas Correntes e Tensões de Secundário	GOOSE
TC + SAMU + IED	Corrente de Primário	GOOSE

Dependendo do objetivo do teste, a realização do mesmo poderá ser feita de uma ou mais formas.

4.1 A nova norma IEC 61869

A IEC 61869 é uma norma sobre Transformadores de Instrumentação, com quinze partes que definem os requerimentos para TC´s e TP´s. Em sua Parte 9 são tratadas as Interfaces Digitais para Transformadores de Instrumentos.

Atualmente em fase de rascunho (CD), a IEC 61869-9 (Digital Interface for Instrument Transformer) possui previsão de publicação para segundo semestre de 2013. Ela é a substituta da norma IEC 60044-8 que foi utilizada como referência para a IEC 61850 na parte da estrutura do dataset dos valores amostrados. Desta forma a norma IEC 61869-9 é complementar a IEC 61850.

A norma 61869-9 possui forte embasamento no Guia de Implementação da UCA (Light Edition), incorporando para o interior da norma várias de suas definições, visando assim manter a compatibilidade com o que vem sendo adotado hoje.

Em seu item 7 a IEC61869-9 descreve algumas possibilidades de teste. Por ainda não ser uma norma publicada, e ainda estar em fase de comentários, vários itens não possuem definições.

Os testes mais relevantes são:
- Frequency Response Test (Resposta em freqüência)
- Max delay Time (Tempo de atraso da digitalização)
- Loss of sincronization test (Perda do Sincronismo)
- 1 PPS TEST (Sinal de Sincronismo, se for o caso 1PPS)
- Accuracy test (Precisão)

4.2 Funções Distribuídas

A utilização dos nós lógicos permite o emprego de funções distribuídas visto que se pode dividir em partes uma função de proteção em dispositivos físicos diferentes trocando informações entre eles.

Uma das inovações possibilitadas pela IEC 61850 é a quebra dos processamentos através dos Nós Lógicos (Logical Nodes). O nó lógico é a menor parte de uma função que troca dados.

Segue um exemplo presente no documento da norma: A função F2 é implementada através dos nós lógicos LN5 localizado no Dispositivo Físico PD2, trocando informações com o nó lógico LN3 localizado no dispositivo físico PD1 que por sua vez troca informações com o nó lógico LN6 que está situado no dispositivo físico PD3.

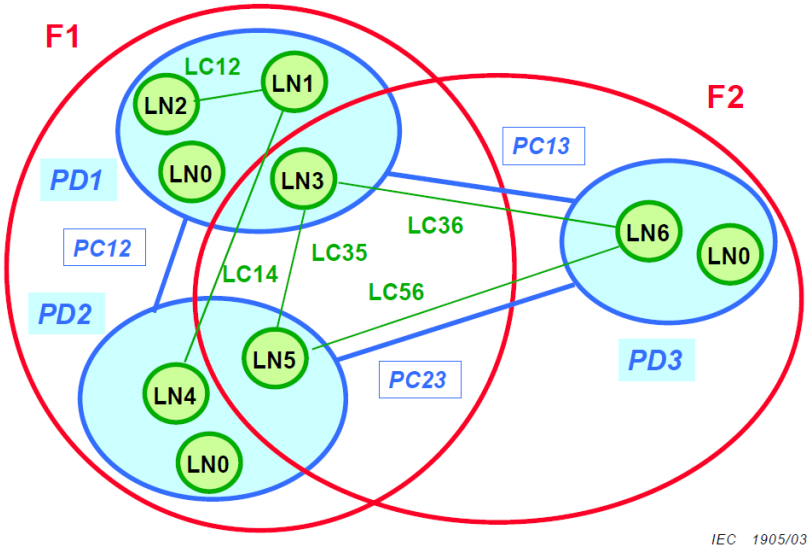

FIGURA 5 – Exemplo de função distribuída

O equipamento de teste deverá interagir com a implementação de funções distribuídas verificando os valores e tempos das trocas de informações entre os nós lógicos, situados em dispositivos diferentes, garantindo assim que as trocas de informações estejam ocorrendo e que o tempo está conforme o especificado.

4.3 Redundância do Link

Uma fonte possível de perda de mensagens pode ser o chaveamento dos caminhos de comunicação. Atualmente se utiliza o protocolo RSTP (Rapid Spaning Tree Protocol) que funciona da seguinte forma: existem dois caminhos conectados, porém apenas um destes é utilizado por vez. Somente quando o link é perdido é que a comunicação passa a operar pelo outro caminho, existindo um tempo para esta comutação. Este tempo de reconfiguração da rede pode causar perdas e atrasos das amostras.

Foi inserido na segunda edição da parte 9-2 o conceito de redundância de link. Esta tecnologia poderá evitar as perdas e atrasos das amostras, quando há uma reconfiguração da rede, como ocorre hoje com o RSTP.

A Redundância do link funciona da seguinte forma: são enviadas duas mensagens, uma por cada caminho diferente e cabe ao receptor comparar e filtrar a mensagem que chega sempre de forma duplicada.

No caso de alguma interrupção em um dos canais de comunicação, nenhum frame é perdido visto que a mensagem também seguiu por outro caminho. Desta forma elimina-se o chaveamento existente no RSTP, abolindo, além disso, o tempo de recomposição da rede onde ocorreriam perdas ou atrasos.

A norma de redundância IEC 62439-3 define a High Availability Networks, através de dois métodos: HSR (High Availability Seamless Ring) e PRP (Parallel Redundancy Protocol). Na HSR a redundância ocorre no IED, já na PRP a redundância ocorre no switch.

O teste da redundância do link poderá ser realizado medindo (com o equipamento de teste que deverá receber SV) o SV proveniente da SAMU, abrindo um dos caminhos para verificar se haverá algum atraso ou perda de pacotes quando deste ocorrido. É preciso checar para garantir que a redundância de link está funcionando corretamente.

O sistema de testes deve estar preparado para atender a todas estas novas necessidades abordadas.

5. A ESTRUTURA DO NOVO EQUIPAMENTO DE TESTES

O equipamento de teste deverá possibilitar todos os testes envolvendo a IEC 61850.

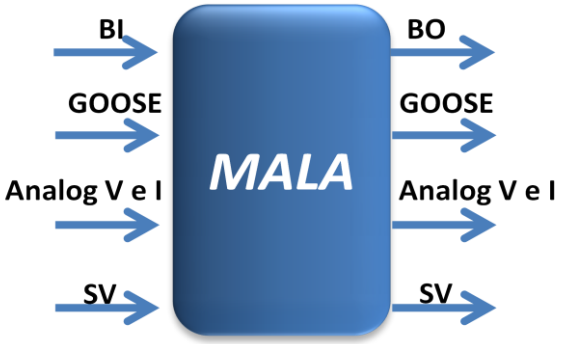

FIGURA 6 - Estrutura do novo equipamento de testes para a IEC 61850

Para atendimento pleno dos testes em sistemas IEC 61850 o equipamento de testes necessitará possuir capacidade de “medir” binárias, GOOSE, Tensões e Correntes além do SV, e ter também capacidade para “injetar” binárias, GOOSE, Tensões e Correntes além do SV.

6. CONCLUSÃO

Conforme explorado neste trabalho as ferramentas de testes “antigas” não atendem as necessidades e exigências dos ensaios integrais da IEC 61850. Até mesmo equipamentos que possuem recursos parciais para a IEC 61850 não possuem condições de realizar os testes de forma completa.

Com o aparecimento destes novos desafios cria-se a exigência de novas “armas”. Por isso é preciso novas ferramentas de testes para acompanhar os ambientes da IEC 61850 de forma completa.

O profissional de testes deverá se requalificar para efetuar com precisão estas novas abordagens de testes que serão requeridas.

Como a adoção completa da norma IEC 61850 ainda é algo novo e não atingiu a sua maturidade plena, novas concepções podem surgir, o que abre possibilidades para outros trabalhos nesta área.

BIBLIOGRAFIA

[1] Norma IEC 61850– Communication networks and systems in substation – Todas as Partes

[2] Implementação de um Sistema de Envio e Recebimento de Sampled Value (IEC 61850-9-2) - Pereira Junior, P. S,; Ramos, R. R.; Martins, C. M.; Pereira, P. S.; Lourenço, G. E.- Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, XXI SNPTEE de 2011.

[3] Rascunho Norma IEC 61869-9 – Digital Interface for Instruments Transformers – Agosto 2011

[4] Investigação do Funcionamento do Barramento de Processos (IEC 61850-9-2) - Uma Abordagem Prática - Pereira Junior, P. S,; Ramos, R. R.; Martins, C. M.; Pereira, P. S.; Lourenço, G. E.- Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos, IX SIMPASE de 2011.

[5] Implementation Guideline for Digital Interface to Instrument Transformers Using IEC 61850-9-2 – UCA International Users Group – Datada de 01/03/2004.

[6] IEC 61850-9-2 Avaliação e Testes De Um Barramento De Processos - Pereira Junior, P. S,; Ramos, R. R.; Martins, C. M.; Pereira, P. S.; Lourenço, G. E. - Seminário Técnico de Proteção e Controle, X STPC de 2010.

[7] Uma abordagem intensa do Barramento de Processos (IEC 61850-9-2), as inovações da segunda edição e a relação com a norma de TC´s e TP´s – IEC 61869-9 - Pereira Junior, P. S,; Ramos, R. R.; Martins, C. M.; Pereira, P. S.; Lourenço, G. E. - Seminário Técnico de Proteção e Controle, XI STPC de 2012.

[8] Experimento de Sobrecarga Com 15.000 Mensagens GOOSE por segundo em Uma Rede IEC 61850, e a Investigação de suas Consequências - Pereira Junior, P. S; Martins, C. M.; Pereira, P. S.; Lourenço, G. E.- Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, XX SNPTEE de 2009.

[9] Testes de performance em IEDs através de ensaios utilizando mensagens GOOSE (IEC 61850) - Pereira Junior, P. S,; Martins, C. M.; Pereira, P. S.; Lourenço, G. E. - Seminário Técnico de Proteção e Controle, IX STPC de 2008.