



SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA

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

## GRUPO V

### GRUPO DE ESTUDOS DE PROTEÇÃO MEDIÇÃO E CONTROLE EM SISTEMAS DE POTÊNCIA

#### AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA – ESFORÇOS MUNDIAIS DE PADRONIZAÇÃO NORMA IEC61850

(\*) Mário Roberto Bastos  
(\*) Paulo Roberto Pedroso de Oliveira

#### CTEEP – COMPANHIA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PAULISTA

## RESUMO

*Descrição dos pontos principais da Norma IEC61850, sob o enfoque de uma empresa de transmissão de energia elétrica, destacando-se as novas tendências e a mudança de paradigma em automação de subestações e produção de software. Aplicações na CTEEP.*

## PALAVRAS-CHAVE

*subestação, TCP/IP, xml, IEC61850, gomsfe, goose, objetos, classe, instância, interoperabilidade, UTR, gateways, ICCP.*

## 1. INTRODUÇÃO

“A tecnologia de **Objetos Distribuídos** permitiu a revolução do software nos últimos anos, culminando com o grande comércio eletrônico que temos hoje e permitindo a criação e evolução de novas tecnologias, como Web Services, Grids e computação sob-demanda. Não é mais possível desenvolver o software da era da Internet com as tecnologias do passado, ou até mesmo, tecnologias recentes, mas que não foram criadas para executar em uma filosofia distribuída, independente de arquitetura e com alcance global. Também não é possível desenvolver software para integração dos mais variados tipos de sistemas atualmente usados em grandes corporações, utilizando tecnologias de apenas uma empresa, não escaláveis e proprietárias. Definitivamente não será possível desenvolver o software da era da computação sob demanda sem o uso de portabilidade, integração e padrões.”

A mudança de paradigma descrita acima afeta também a automação de subestações, somando-se a necessidade de padronização das soluções.

Em todos ramos das atividades industriais os esforços para padronização das especificações técnicas são significativos. Estes esforços se tornam particularmente complexos quando se procura padrões no mundo de desenvolvimento de softwares embarcados.

Padrões de fato e direito são convenientes para os fabricantes, pois diminuem o risco de colocação de uma nova tecnologia, que na luta comercial, não se torne padrão de mercado, perdendo-se o que foi investido no desenvolvimento. São importantes para usuários, pois aumentam as opções de fornecedores e a conectividade entre estes.

O presente trabalho investiga a norma IEC 61850, proposta para o Setor Elétrico, que contém contribuições de entidades como EPRI, IEEE, CEPEL. Procura-se identificar os pontos que trarão benefícios às Empresas de Transmissão de Energia Elétrica.

Observa-se de forma cada vez mais nítida que os instrumentos que suportam processos de automação (IED's, multimedidores, transdutores, etc) se tornam “commodities”, com os processos de fabricação dominados por

(\*) Alameda Cesp, s/nº – CEP 13202-970 Jundiaí, SP – Brasil

vários fabricantes, na Europa, USA, Brasil ou Ásia, à bordo do processo de globalização. Desta forma, assume destacada importância o conceito AUTOMAÇÃO, que neste contexto definiríamos como MODELOS e ARQUITETURAS para solução automatizadas, visando o incremento da produtividade industrial. A visão sistêmica, clara do negócio a ser abordado é imperiosa. Esta habilidade, sempre fundamental, tem sua importância aumentada à medida que o número de “commodities” também aumenta. Um dos pilares deste padrão são os protocolos de comunicação, que permitem a interoperabilidade, porção relevante deste processo. Serão abordados pontos principais da Norma IEC 61850, e sua aplicação em empreendimentos recentes na Transmissão Paulista.

## 2. ILHA DE DADOS EM SUBESTAÇÕES

Durante todo o período histórico de montagem do Parque Gerador de Energia Elétrica Brasileiro, e também mundial, os vários sistemas de Supervisão Controle e Proteção foram instalados. Cada sistema seguindo uma solução criada por um fabricante, segundo a tecnologia disponível na época.

Isto determinou uma variedade muito grande de soluções numa mesma Subestação, pois estas sofrem ampliações constantes, em função do crescimento da geração e carga do sistema energético.

Cada solução comporta-se como uma Ilha de Informações, incompatíveis entre si, o que dificulta e encarece a Integração dos Sistemas. Estas integrações são fundamentais no mundo moderno, onde informações do “Chão de Fábrica” precisam migrar rapidamente aos níveis Gerenciais, subsidiando decisões estratégicas da Empresa.

Podemos citar algumas ilhas de dados:

- Medidor digital de faturamento
- Relés de Proteção
- Controle de Bays
- Oscilografia
- Monitoração para otimização do uso dos ativos
- Monitoração de qualidade de energia
- UTR - Unidade Terminal Remota - Supervisão SSC
- Imagens - Informações para operação, manutenção e segurança
- Monitoração de equipamentos auxiliares. Anunciadores de Alarme.

## 3. MUDANÇA DE PARADIGMA NA AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA

Com a consolidação das tecnologias de redes (LANs, WANs), na última década, estes conceitos migraram da automação de escritórios para o ambiente de controle de processo. Padrão ethernet, protocolos TCP/IP, switches, roteadores, são incorporados nas soluções de automação de subestações de forma plena. Como o ambiente numa subestação é hostil para equipamentos eletrônicos (interferências, surtos eletromagnéticos), uma preocupação maior com a especificação do hardware se torna imperiosa (isolação, blindagem, aterramento), figura 1, mas o conceito de “transmissão de informação” vem no mesmo formato.

Tradicionalmente a aquisição das informações no processo elétrico se dava através de fios de cobre. Hoje a solução migrou para rede de fibras óticas, com capacidade muito superior de tráfego de informações, baixo custo e maior imunidade a surtos eletromagnéticos.

### **MTBF (anos) e Disponibilidade (%) de Dispositivos de Rede**

<i>HUB ethernet</i>	118,9	99,9954
<b>Relé de Proteção</b>	<b>115,0</b>	<b>99,9945</b>
<b>Hardware de IED</b>	<b>115,0</b>	<b>99,9945</b>
<i>Interface de Rede do IED</i>	19,2	99,9715
<i>PC Industrial ( servidor )</i>	14,3	99,9615
<i>Gateway-SCADA</i>	11,5	99,9523
<i>Roteador ethernet</i>	9,5	99,9423

*Fonte-Schweitzer Engineering Laboratories*

**Figura 1 – Requisitos de hardware.**

O enfoque que era de aquisição de dados (SCADA), mudou para gerenciamento de informações. Muito mais que saber se um disjuntor está aberto ou fechado, é importante saber quantas vezes esta operação ocorreu num período de tempo e como isto influenciou (encurtou) a sua vida útil.

Equipamentos de Subestações terão “personalidade”, com arquivos de configuração, características técnicas, diagnósticos e histórico acessíveis por rede (internet). Estará na placa de rede, em flash memory. Disjuntores serão ligados em rede como computadores pessoais.

#### 4. NORMA IEC 61850 – PRINCIPAIS SUBDIVISÕES E CONCEITOS

##### 4.1. Subdivisões

- **Comunicação entre bases de dados de tempo real**
- TASE 2 - Telecontrol Application Service Element 2.
- ICCP - Inter Control Center Protocol
- **Comunicação entre dispositivos de campo**
- GOMSFE - Generic Objects Models for Substation and Feeder Equipment
- CASM - Common Application Service Models
- GOOSE - Generic Object Oriented Substation Event

##### 4.2. Conceito

- O principal conceito da norma é **interoperabilidade**, que neste contexto podemos definir como :

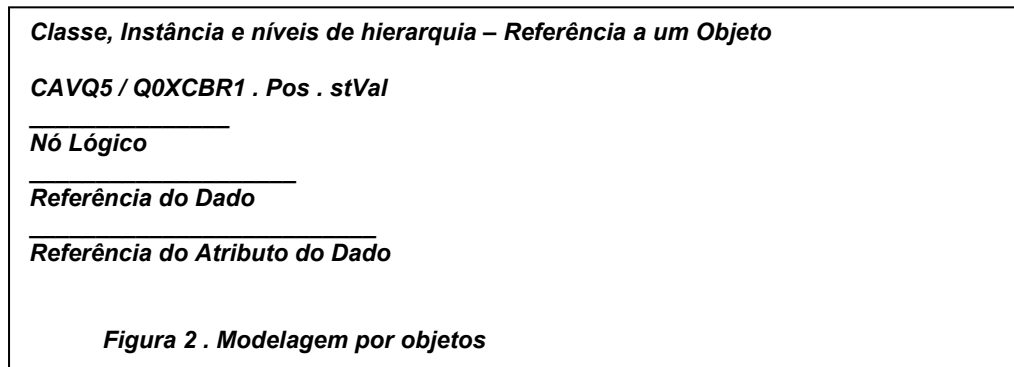
**Toda mensagem de dados precisa ser auto suficiente, carregar toda informação necessária a seu entendimento, não ser dependente de informação externa.**

*Exemplo 1* : O meu endereço é Rua Dourada 1001 / CEP 13211-551 - Jundiaí/SP/Brasil. Informação auto suficiente.

*Exemplo 2* : O meu endereço está no catálogo telefônico. Informação que necessita referência externa.

Equipamentos de fabricantes diferentes devem interoperar, com informações auto suficientes.

- Outro fundamento da Norma é a modelagem por objetos, figura 2 :



##### 4.2.1 GOMSFE - GENERIC OBJECT MODELS FOR SUBSTATION AND FEEDER EQUIPMENT

Este documento detalha os modelos de objetos que representam as informações de campo das subestações e alimentadores.

###### 4.2.1.1 Data Types (Tipos de Dados)

São os tipos de dados utilizados no CASM, a qual determinam o formato, número de bits e a faixa de valores possíveis.

###### 4.2.1.2 Common Components (Componentes Comuns)

Representam os componentes elementares usados na definição das classes de objetos. Os Componentes Comuns possuem um tipo de dado (Data Type) e um nome.

#### 4.2.1.3 Common Classes (Classes Comuns)

São grupos ou estruturas de componentes, que formam os atributos dos objetos modelados. As Classes Comuns representam os tipos de objetos mais freqüentemente usados; um exemplo pode ser a Classe Comum apresentada na tabela 1.

Tabela 1 - Exemplo das Classes Comuns (Common Class)

Classes Comuns: AI Entrada analógica Analog Input		
Nome	Tipo de dado	m/o
i	INT16S	m
f	FLT32	o
q	BSTR16	o
t	BTIME6	o

Obs.: m - obrigatório (*mandatory*) o – opcional (*optional*)

#### 4.2.1.4 Bricks (Blocos)

Os Blocos básicos de construção são uma coleção de objetos, que podem ser Componentes Comuns e Classes Comuns. Os Blocos podem também ser definidos como agrupamentos de Classes Comuns reutilizáveis, direcionadas a um uso ou função particular. Dependendo de sua função particular dentro do Bloco o documento GOMSFE define uma classificação de classes comuns, denominada *Functional Components* (FC - Componente Funcional). Na tabela 2, podem ser observados tanto os componentes funcionais como as classes comuns que compõem o Bloco genérico GAIN.

Tabela 2 - Atributos que compõem o Bloco GAIN

FC	Nome	Classe Comum	rwecc	m/o	Descrição
MX	In<n>	AI	r	o	Entrada analógica genérica
CF	In<n>	ACF	rw	o	Configuração das entradas In<n>
DC	In<n>	d	rw	o	Descrições das entradas In<n>
RP	brcbMX	BasRCB	rw	m	Bloco de controle de publicação automática das medidas

Obs.: rwecc se refere operações possíveis sobre o componente r: read, w: write, e: execute, c: create

#### 4.2.1.5 Logical Devices (Componentes Lógicos)

Os Componentes Lógicos são agrupamentos especializados de Blocos que representam dispositivos, funções ou aplicações de problemas tais como: proteção, controle e aquisição de dados. Estes componentes lógicos são agregados para representar um equipamento (physical device).

#### 4.2.2 GOOSE - GENERIC OBJECT ORIENTED SUBSTATION EVENT

Dentro do documento GOMSFE também é detalhado um modelo de comunicação entre IEDs (*peer to peer*). Este esquema de comunicação é denominado GOOSE, que proporciona uma comunicação binária orientada a eventos e direcionada às aplicações de proteção em subestações. Neste modelo, um dispositivo (produtor) reflete o acontecimento de um evento por meio de variáveis binárias. Uma mensagem GOOSE é uma coleção de variáveis binárias. Um exemplo de um evento é o *trip* de uma chave, este evento pode ser representado por uma mudança no valor de uma variável binária, que por sua vez é incluída dentro de uma mensagem GOOSE (Figura 4). A mensagem GOOSE é disponibilizada na rede e somente os dispositivos interessados (consumidores) utilizarão a informação recebida.

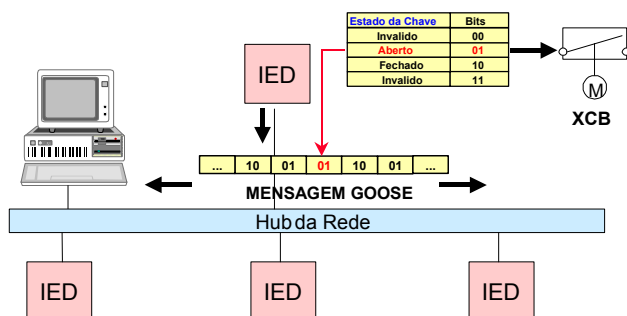


Figura 4 - Exemplo da comunicação de eventos GOOSE.

Um exemplo onde o GOOSE pode ser utilizado na proteção é o critério de eleição (*voting*), ilustrado na Figura 5. Este critério de proteção prevê o *trip* de um relé se pelo menos dois dos três relés encontram-se no mesmo estado. Neste critério de eleição torna-se necessário a comunicação entre todos os relés, de forma que cada um deles possua a informação dos estados dos demais. O estado de cada relé dependerá do resultado da lógica interna perante as informações disponibilizadas pelos demais relés. Por exemplo, o relé dois, na Figura 5, precisa da informação do estado *trip* dos relés um e três.

O GOOSE oferece possibilidade de implementar mecanismos de temporização para detectar a falha na comunicação entre relés e também para predeterminar estados de segurança se isto acontecer. Por exemplo se falhar a comunicação do *trip* do relé 2 ao relé 1, o relé 1 detectará a falha da comunicação por temporização e dependendo do estado de segurança predeterminado irá ao estado de *no trip* ou *trip*.

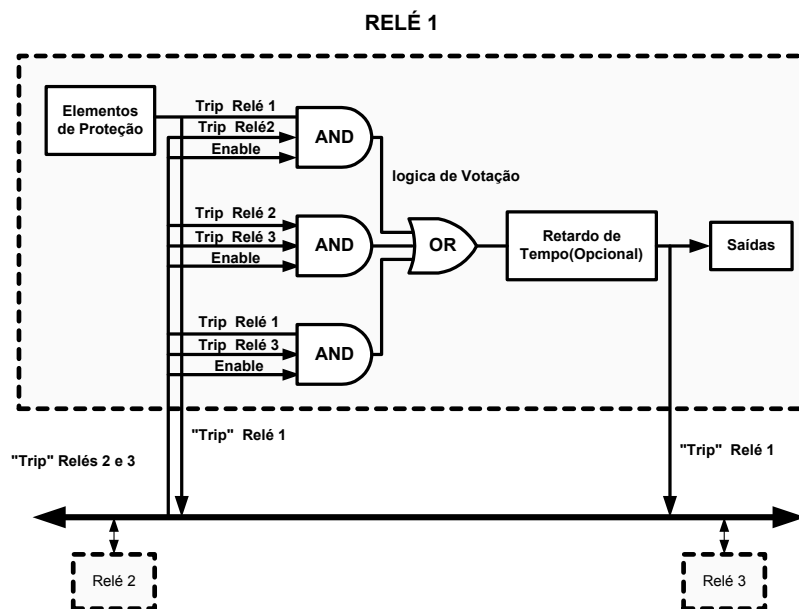


Figura 5 - Esquema de proteção *Voting* usando mensagens GOOSE

## 5. APLICAÇÕES CTEEP DAS RECOMENDAÇÕES DA NORMA IEC61850

### 5.1. ICCP – INTERCENTER COMMUNICATIION PROTOCOL

O aplicativo ICCP, que obedece a Norma IEC61850, é de fornecimento do CEPTEL- Centro de Pesquisas de Energia Elétrica.

A conexão entre o COS - São Paulo e o CNOS - Centro Nacional de Operação do Sistema, em Brasília, que hoje se processa no protocolo SINSO sobre TCP/IP, tem previsão de migração para ICCP em dezembro de 2007.

### 5.2. SUBESTAÇÃO PIRITUBA

Empreende-se uma digitalização completa, com fornecimento AREVA, com previsão de conclusão em dezembro de 2006.

Envolve a modernização da supervisão, controle e proteção de 12 bays de linhas de transmissão de 88 KV, 2 bays de linhas de 230 KV, 4 bays de transformadores 230/88 KV, 5 bays de alimentadores e banco de capacitores.

Totalizam 23 nós de rede fast ethernet, com protocolo IEC61850-UCA, configurando LAN (Local Area network) dedicada ao controle do processo elétrico, sendo suportada por rede de fibras óticas. Dentro da cada nó da LAN, a comunicação se processa através do protocolo IEC 60870-5-103, numa composição típica com três relés de proteção.

Complementando a LAN temos dois gateways para comunicação com o Centro de Operação do Sistema, que se localiza em Jundiaí/SP, com protocolo IEC60870-5-101 e canais de comunicação privativos da Transmissão Paulista; e dois IHMs (Interfaces Homem Máquina) redundantes, com o aplicativo PACIS.

### 5.3. SUBESTAÇÃO JUPIÁ

Empreende-se uma digitalização parcial, com fornecimento AREVA, com previsão de conclusão em março de 2007.

Envolve a modernização da supervisão, controle e proteção de 8 bays de linhas de transmissão de 138 KV, 2 bays de paralelo e transferência, 1 bay de transformador 440/138 KV, 2 bays de transformadores de 138 KV.

Totalizam 13 nós de rede fast ethernet, com protocolo IEC61850-UCA, configurando LAN (Local Area network) dedicada ao controle do processo elétrico, utilizando o suporte de fibra ótica. Dentro da cada nó da LAN, a comunicação se processa através do protocolo IEC 60870-5-103, numa composição típica com três relés de proteção. Esta solução está integrada à automação existente na subestação de 440 KV, através de UTR-Unidade Terminal Remota fabricação STD, que faz a comunicação com o Centro de Operação do Sistema, em Jundiaí/SP, com protocolo IEC60870-5-101, através do sistema privativo de comunicação da Transmissão Paulista. Complementando a LAN temos dois IHMs (Interfaces Homem Máquina) redundantes, com o aplicativo PACIS.

#### **5.4. SUBESTAÇÃO ANHANGUERA**

Subestação nova em construção, com fornecimento SIEMENS, com previsão de conclusão em 2007. Serão três setores com 7 bays de 345 KV, 4 bays de transformadores, 5 bays de 230 KV, 2 bays de reatores, 6 bays 88KV e 2 bays de capacitores . É uma obra fundamental ao aumento de suprimento de energia para a Grande São Paulo e para manter os critérios de confiabilidade dentro dos altos padrões que esta atividade exige.

A solução de supervisão, controle e automação é de fornecimento SIEMENS, linha SICAM PAS, com aplicação de tecnologia que segue a norma IEC61850. Serão três redes que atenderão os três setores, 345 KV, 230 KV e 88KV, que por sua vez serão subestações blindadas. A opção de utilização de subestações blindadas se deve à necessidade de redução da área física, uma vez que na grande São Paulo, as áreas para grandes construções estão escassas e caras.

### **6. CONCLUSÃO**

O Padrão IEC 61850 é uma realidade, com produtos já disponibilizados pelos grandes fornecedores mundiais, e com aplicações já em operação. Como o benefício para os consumidores de solução de engenharia elétrica ( transmissores, geradores e distribuidores) está bastante claro, é recomendável que os usuários façam um esforço interno de absorção destes novos padrões pela sua equipe de projetos, para que sejam obtidos os resultados prometidos pela norma, a redução de custos, o mais breve possível.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- International Electrotechnical Committee – IEC 61850 – Communications networks and systems in substations.
- Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson – The unified modeling language user guide.
- Procedimentos de Rede – Sub módulo 2.7. – Requisitos de Telessupervisão para a operação, O N S – Operador Nacional do Sistema Elétrico.

#### **DADOS DOS AUTORES**

##### **ENG. MÁRIO ROBERTO BASTOS**

- Engenheiro da Divisão de Supervisão e Automação da CTEEP - Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista.
- Engenheiro Eletricista – Modalidade Eletrônica – EFEI – Itajubá – 1985
- Mestrado em Tecnologia da Informação – USP 2002
- Mestrado em Engenharia – USP 2006
- Projeto e implantação de Sistemas de Supervisão e Controle em empresas de energia elétrica, com treinamento em Houston/Texas – 1999

##### **ENG. PAULO ROBERTO PEDROSO DE OLIVEIRA**

- Gerente da Divisão de Supervisão e Automação da CTEEP - Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista.
- Engenheiro Eletricista – Modalidade Eletrônica – UNICAMP 1978
- Mestrado em Tecnologia da Informação – USP 2002
- Projeto e implantação de Sistemas de Supervisão e Controle em empresas de energia elétrica, com treinamentos em Toronto/Canadá – 1989 e Houston/Texas - 1999.