



## Proposta para a Modernização do Sistema de Água Pura das Unidades Geradoras de Itaipu focada na Norma IEC 61850

**Marco Aurélio Siqueira Mauro**

**Itaipu Binacional**  
**mmauro@itaipu.gov.br**

**Marcos Fonseca Mendes**

**Itaipu Binacional**  
**mmendes@itaipu.gov.br**

### Resumo:

A Usina Hidrelétrica de Itaipu (UHI) é atualmente responsável por 19% da energia consumida no Brasil e 77% da energia consumida no Paraguai. Suas unidades geradoras foram instaladas em duas fases bem distintas, a primeira na década de 1980, que contemplou dezoito unidades, e a segunda na década de 2000, com mais duas unidades.

A UHI tem sistemas projetados na década de 1970 e encontram-se em funcionamento com indicadores de desempenho plenamente satisfatórios. Entretanto, começam a apresentar dificuldades de manutenção e reposição de componentes, muitas vezes pelo término da produção desses componentes. Em virtude desse fato, iniciaram-se, há algum tempo, estudos de modernização da usina visando a conservação dos índices de confiabilidade dos sistemas.

Dentre os sistemas da UHI, pode ser citado o sistema de água pura. Ele é responsável pelo controle da temperatura no enrolamento estatórico das unidades geradoras. Ele consiste da circulação forçada de fluido refrigerante pelas barras estatóricas. O fluido é água desmineralizada, com maior grau de pureza possível, pH básico e baixos valores de condutividade.

O sistema de água pura tem grande importância na capacidade de geração da usina. Caso as máquinas da UHI não tivessem esse sistema, a potência de cada máquina ficaria reduzida a 25% (175 MW), o que seria uma redução considerável e poderia até mesmo inviabilizar o projeto. Essa redução dever-se-ia ao fato da temperatura de operação influenciar na potência máxima das unidades geradoras sendo que, em máquinas de grande porte, a magnitude dos fluxos térmicos relativos é o fator limitativo predominante. Por essa razão, e levando-se em conta a classe de isolamento dos enrolamentos (classe F), foi especificada uma temperatura máxima operativa para cada parte do gerador, que não podem ser excedidas em nenhuma condição de carga.

A proposta deste trabalho é estudar e oferecer opções para a modernização do painel de controle do sistema de água pura (Pure Water Board - PWB). A abordagem será focada na norma IEC 61850. São considerados equipamento eletrônicos microprocessados, de alta confiabilidade e disponibilidade, disponíveis no mercado, levando em conta a relação do benefício para a implementação. O estudo proporá a modelagem do sistema e definirá a comunicação entre os dispositivos primários (sensores), o painel de controle local PWB e o painel de controle local da unidade geradora, segundo critérios definidos pela norma IEC 61850. Será considerado que tudo estará interligado por uma rede de comunicação.

A proposta de aplicação da norma IEC 61850 em um sistema de água pura é importante tanto para as usinas como para os fabricantes de equipamentos. A identificação das necessidades e dos possíveis problemas e limitações para essa abordagem é útil para todos envolvidos. Além disso, o artigo apresenta as vantagens e desvantagens do uso da norma para esse fim. O trabalho torna-se ainda mais importante devido ao ineditismo do uso da norma IEC 61850 em usinas hidrelétricas, em especial em sistemas de água pura.

**PALAVRAS CHAVES:** Água Pura, IEC 61850, Modernização, Sistemas de Supervisão e Controle.

## 1. INTRODUÇÃO

O conceito que se tem hoje de automação foi uma evolução das opções de controle de um sistema automático. A automação é um conceito e um conjunto de técnicas por meio das quais se constróem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima, de acordo com algum critério, pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam. A automação industrial baseia-se essencialmente na eliminação da intervenção humana em um processo, para obtenção do produto ou resultado final[1].

Com o advento dos dispositivos microprocessados, surgem os controladores lógicos programáveis (CLP), onde a forma básica de programação originou-se da lógica de programação dos diagramas de relés.

Conforme relatos de autores e pesquisadores os sistemas de supervisão e controle digitais proporcionam facilidades, rapidez e segurança necessárias para a eficiência da operação e manutenção[2][3].

Mais recentemente, a tecnologia utilizada nos sistemas de proteção e controle está tornando-se cada vez mais complexa devido à utilização de dispositivos numéricos microprocessados. Esses dispositivos, denominados de Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IEDs - Intelligent Electronic Devices), tem incorporado novas funcionalidades, tais como:

- execução de funções de proteção e controle;
- alta velocidade nos dispositivos de comunicação;
- utilização da rede local com funções distribuídas;
- capacidade para aquisição de dados e medição;
- controle de algoritmos para eliminar rapidamente a falta.

Nas últimas décadas, muitos protocolos de comunicação são utilizados para a troca de informações entre dispositivos de controle e proteção instalados em um processo automatizado. Alguns desses protocolos podem ser exemplificados na Figura 1.

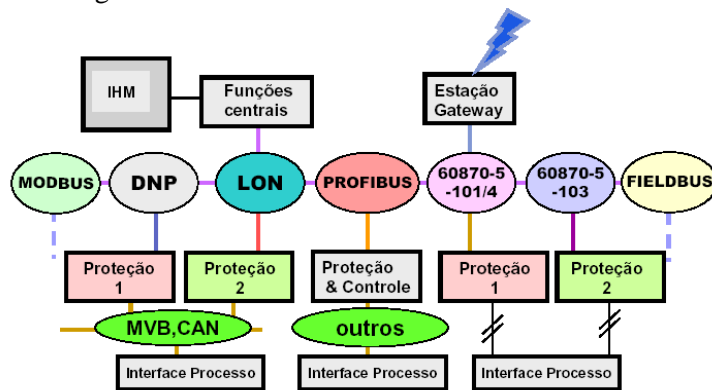


Figura 1 - Protocolos de comunicação mais utilizados.

Alguns protocolos foram concebidos para aplicações específicas ou configurações de instalações únicas. Outros protocolos são estruturados utilizando-se padrões ou normas internacionais, mas também são ajustados às necessidades de instalações locais. Conseguir uma integração eficiente entre todos os protocolos implica em um alto custo de Engenharia, pois cada protocolo tem sua própria estrutura de representação de dados e implementação com diferentes níveis de funcionalidade.

O mercado global necessita de um padrão também global, que reúna diversas filosofias a fim de atender as diferentes aplicações existentes. Esse padrão deve prever a existência de uma mistura de dispositivos, com comunicação convencional via cabeamento rígido e com a utilização da rede Ethernet.

Essas necessidades são decorrentes da busca pela redução de custos tanto pela competição exigida pelo mercado como pelo desenvolvimento de novas funcionalidades apresentadas pelos fornecedores de IEDs e sistemas de automação. O resultado é a redução de custos diretos em investimentos e na operação dos sistemas de automação.



IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

---

Finalmente, pode-se dizer que a utilização de um padrão aberto possibilita a salva guarda dos investimentos realizados, onde o proprietário não necessitará proceder uma reforma completa ou adicionar novos dispositivos apenas para realizar a integração da instalação existente com dispositivos futuros.

Percebe-se então que nas últimas décadas o processo de evolução tecnológica na área de processos automatizados sofreu um enorme avanço e com isso sistemas projetados nas décadas de 60 e 70 instalados na indústria, começam a encontrar dificuldades de reposição de componentes, muitas vezes por desativação da produção dos mesmos. Como a UHI teve seu projeto concebido na década de 70, ele utiliza para controle e supervisão dos processos integrados à geração de energia a tecnologia de relés eletromecânicos. Visando minimizar os problemas que enfrentamos e os que ainda possam vir a acontecer surgiu um plano de modernização para a UHI.

Com este trabalho estamos propondo algumas opções para a modernização do PWB utilizando equipamentos eletrônicos microprocessados, de alta confiabilidade e disponibilidade, disponíveis no mercado levando em conta o benefício para a implementação, focando principalmente a abordagem da IEC 61850. Este projeto poderá servir como base para aplicação na modernização das unidades geradoras instaladas na UHI.

A UHI deve ter uma disponibilidade altíssima dos equipamentos pois é responsável por aproximadamente 19% do fornecimento de energia do Brasil e 77% do Paraguai, por isso há preocupação em estudar e desenvolver um sistema de alta confiabilidade e disponibilidade para o sistema de controle e supervisão de água pura das unidades geradoras da UHI.

## 2. GENERALIDADES

### 2.1. Novo Padrão IEC 61850

Este padrão foi desenvolvido tendo como objetivos principais: assegurar interoperabilidade entre os diferentes IEDs de uma subestação ou usina e atender aos diferentes tipos de arquitetura, além de ser à prova de futuro, isto é, admitir evoluções na tecnologia de comunicações sem necessidade de modificações importantes no sistema já adquirido.

Como interoperabilidade entende-se a capacidade de IEDs, fornecidos por um ou vários fabricantes, de se comunicarem entre si, compartilhando informações de forma rápida e segura, sem o uso de *gateways*, utilizando estas informações para executar as funções de proteção, monitoração, medição, controle e automação do sistema.

Para alcançar os objetivos acima, o novo padrão utiliza a abordagem orientada a objeto e subdivide as funções em objetos denominados Nós Lógicos (LNs) que se comunicam entre si. O LN é um agrupamento funcional de dados. É também a menor parte de uma função ou subfunção que pode intercambiar dados com outros objetos. Cada LN possui seu próprio conjunto de dados. Os dados são compartilhados entre os LNs segundo regras que são chamadas serviços. Os LNs são agrupados em dispositivos lógicos (funções), os quais estão contidos em dispositivos físicos (IEDs).[4]

Outro objetivo da norma IEC 61850 é possibilitar a comunicação entre IEDs com alta velocidade e elevada confiabilidade. 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* da instalação.

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, ele é, na verdade, um novo estágio tecnológico na área de proteção e automação. Ela possui as seguintes características:

- aplicação de modelos de objetos;
- serviços abstratos: relatórios, controles, etc.;
- mapeamento das informações para TCP/IP e Ethernet;
- uso da Linguagem de Configuração de Subestação (SCL);
- testes de conformidade.

**IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ**  
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

Estas características permiten que o sistemas de automação seja considerado uma plataforma aberta de Proteção e Automação, independentemente dos fornecedores. Por outro lado, o emprego de ferramentas de Engenharia e configuração em 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, cópia e consistência do software aplicativo.

A Figura 2 mostra uma arquitetura simplificada de um Sistema de Automação para Subestações (SAS) que utiliza a norma IEC 61850, incluindo os equipamentos elétricos, IEDs, controlador de estação, console de Engenharia e o barramento do processo.

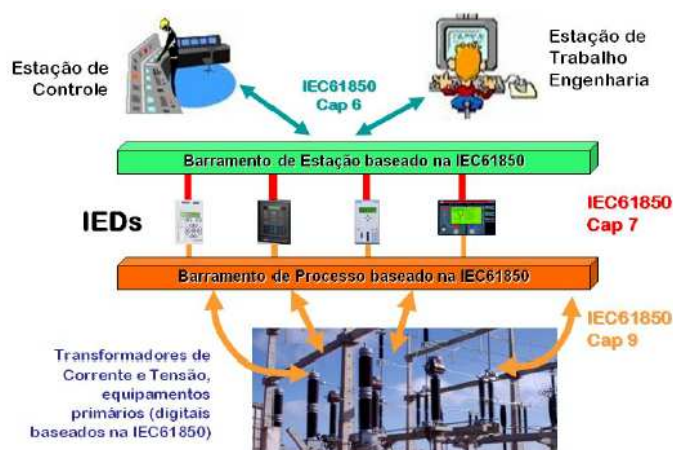


Figura 2 - Arquitetura Simplificada de um SAS Utilizando a Norma IEC 61850.

A norma IEC 61850-1 define 7 tipos de mensagem, conforme mostra a Tabela 1. As mensagens tipo 1A (trip) e 1B (controles) são de alta velocidade. As mensagens tipo 2 (informações de medidas e estados) e tipo 7 (comandos) são de média velocidade. As do tipo 6A (barramento da estação) e 6B (barramento do processo) são usadas como sinais de sincronismo. Aquelas do tipo 4 correspondem aos valores amostrados de TCs e TPs. As demais mensagens são de baixa velocidade (parâmetros, eventos, transferência de arquivos etc.). As mensagens tipo 1A e 1B são denominadas GSE (Generic Substation Events) e podem ser classificadas em GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event), e GSSE (Generic Substation Status Event). A diferença entre ambos é que, nas mensagens GOOSE, a informação é configurável e utiliza um data set (grupo de dados). As mensagens tipo 2, 3 e 5 requerem serviços orientados, como o TCP/IP.

Tabela 1 - Tipos de Mensagens e Classes de Desempenho.

Tipo	Classe
1 <sup>a</sup>	Trip
1B	Mensagens rápidas
2	Velocidade média
3	Baixa velocidade
4	Dados em rajada (raw data)
5	Transferência de arquivos
6	Sincronização de tempo

Uma 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.

## 2.2. O Sistema de Água Pura

Para se obter um controle efetivo da temperatura no enrolamento estatórico das Unidades Geradoras de ITAIPU durante sua operação, foi projetado e instalado um sistema auxiliar, conhecido por sistema de água pura, que proporciona a circulação forçada de fluido refrigerante pelas barras estatóricas. Este fluido consiste em água desmineralizada, com maior grau de pureza possível, pH básico e baixos valores de condutividade. A finalidade do sistema de água pura é aumentar a eficiência do gerador retirando o calor do enrolamento estatórico, para isto efetua a regulação através da variação da vazão de água bruta nos trocadores de calor. Nas unidades de 1 a 18 os valores de temperatura da água pura na saída do estator e de corrente no enrolamento estatórico são utilizados para regular a abertura ou fechamento da válvula na entrada do circuito de água bruta (20WI), enquanto que nas duas novas unidades (9A e 18A) utiliza-se a temperatura de água pura na entrada do estator e a corrente no enrolamento estatórico para regular a válvula na entrada do circuito de água bruta (20RWI). Esta regulação aumenta ou diminui a vazão de água bruta, variando conseqüentemente a eficiência da transferência de calor dos trocadores de calor. A Figura 3 ilustra como se realiza o controle de temperatura.

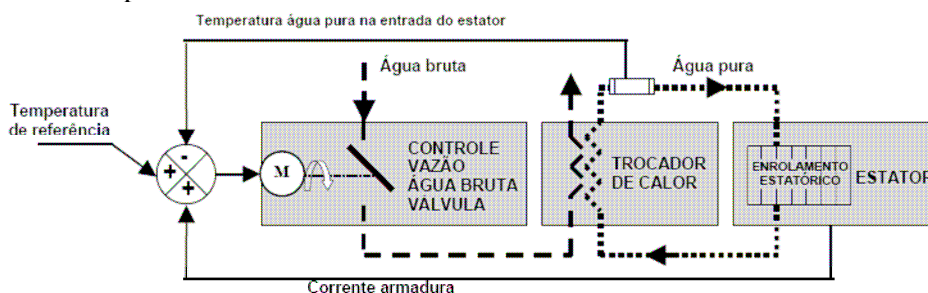


Figura 3 - Controle da válvula de água bruta das unidades 9A e 18A

### 2.2.1 Circuito Elétrico

O enrolamento estatórico das unidades geradoras de Itaipu é do tipo ondulado, composto de 1008 barras dispostas em 504 ranhuras. Estas barras, por sua vez, são constituídas internamente por 30 condutores elementares isolados entre si, sendo seis destes condutores ocios, permitindo a circulação de água pura. A Figura 4 mostra a seção das barras estatóricas.

As barras têm formato especial que facilita a construção do enrolamento. Nos terminais de cada barra pode-se distinguir as conexões elétricas e hidráulicas, como mostra a Figura 5.



Figura 4 - Seção da barra estatórica

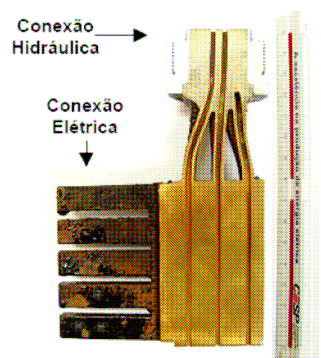


Figura 5 - Corte da cabeça da barra estatórica



### 2.2.2 Circuito Hidráulico

Como visto anteriormente, o enrolamento estatórico é composto de 1008 barras, e para possibilitar a circulação de água pura nos condutores ocios de cada barra foi necessária a montagem de circuitos hidráulicos distintos.

São ao todo 168 circuitos, composto pela interligação de seis barras. Dentro do gerador os circuitos hidráulicos assumem várias configurações, entre elas a mais utilizada está representada na Figura 6. A alimentação destes circuitos é realizada pelo anel distribuidor, que fica disposto sobre o estator e fornece água pura com temperatura de aproximadamente 40° C. Em paralelo está instalado o anel coletor, que por sua vez interliga todas as saídas dos circuitos hidráulicos. Este anel recolhe a água aquecida que circulou ao longo das barras de cada circuito hidráulico.

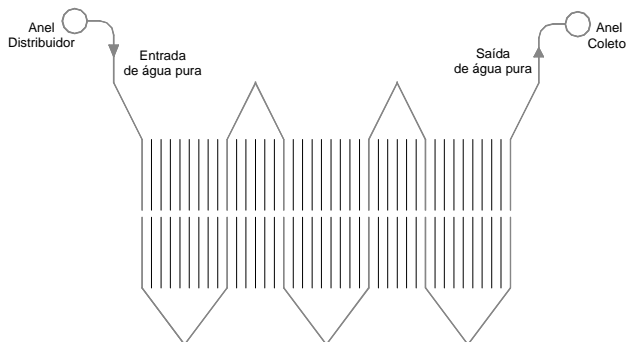


Figura 6 - Circuito hidráulico mais utilizado

Para que o objetivo do sistema de água pura seja atendido existem duas bombas centrífugas conectadas em paralelo, das quais apenas uma opera de cada vez. A bomba em funcionamento é responsável por manter o fluxo de água pura no circuito hidráulico principal. Caso ocorra alguma falha na bomba principal a outra é ligada imediatamente para manter a configuração do sistema. Toda a água pressurizada pela bomba é dividida entre dois trocadores de calor, dos quais sai resfriada e entra no anel distribuidor alimentando os 168 circuitos hidráulicos do enrolamento estatórico, efetuando, desta maneira, o resfriamento dos condutores. Em cada circuito hidráulico a água completa seu caminho passando por seis barras estatóricas, e chegando ao anel coletor.

Neste ponto a água pura tem sua temperatura elevada devido à troca de calor efetuada no enrolamento estatórico. Ela volta ao circuito hidráulico principal passando pela bomba, pelos trocadores de calor, pelo filtro mecânico e retorna ao estator, formando um circuito fechado, conforme ilustra a Figura 7.

Existe uma derivação após os trocadores de calor, pela qual circula uma pequena proporção de água para efetuar o controle de condutividade e manter as condições químicas da água.

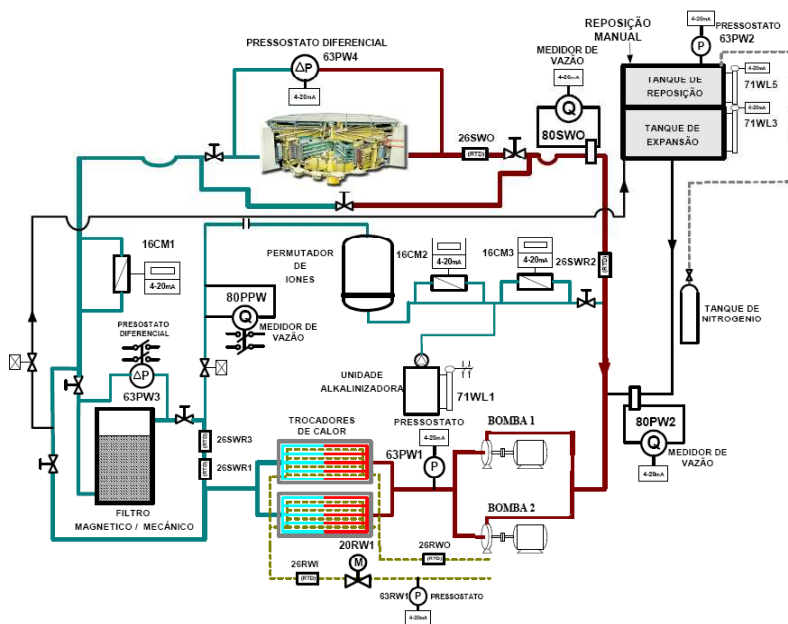


Figura 7 - Diagrama Hidráulico das Unidades 9A e 18A

### 3. O SISTEMA DE ÁGUA PURA PELA ABORDAGEM DA IEC 61850

De maneira simplificada, o sistema de água pura interage com os sistemas de controle da unidade geradora e centralizado conforme mostra a Figura 8. As informações provenientes dos sensores de temperatura, pressão, fluxo e nível são enviadas através de fiação convencional até o painel PWB. Estes valores adquiridos são transduzidos em analógicos e/ou digitais e disponibilizados para a lógica de controle do sistema de água pura, que através do painel PWB, interage com os demais painéis agregados da UG e também com o de controle da mesma. De acordo com a lógica elaborada são tomadas ações de controle e supervisão necessárias, as quais vão desde envio de sinal de alarme para operador até sinal para o desligamento da unidade geradora. As ações de desligamento da unidade são realizadas no painel de controle local – ULP.

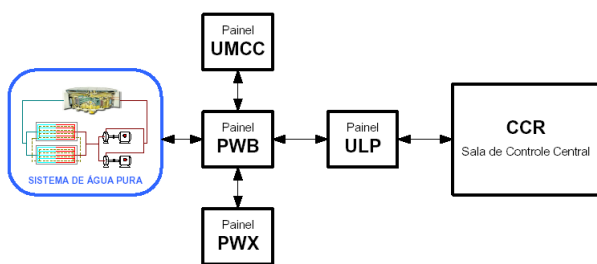


Figura 8 - Configuração do sistema de supervisão e controle da água pura de Itaipu.

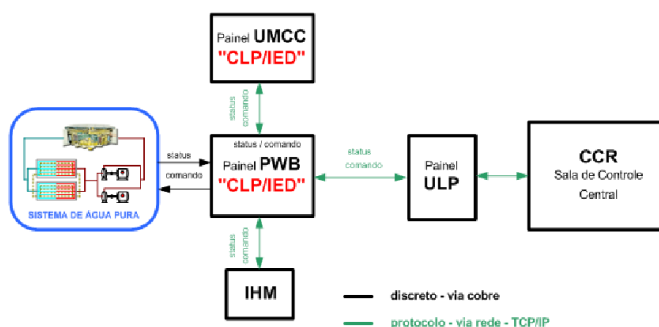


Figura 9 - Topologia simplificada do sistema PWB segundo IEC 61850.

Com a padronização e preceitos da norma IEC 61850 o sistema de água pura da UHI poderia ser simplificado, pois as informações trocadas, quer sejam de status, alarmes ou comandos, seriam feitas via rede de comunicação de dados, conforme ilustra de maneira simplificada a Figura 9.

Desta maneira as informações do sistema que necessitam ser monitoradas são: Temperatura; Nível; Fluxo; Pressão e Condutividade.

Os dispositivos do sistema que necessitam ser controlados são: Bombas e Válvulas.

A partir da parte 7-4 e 7-410 da norma podem ser definidos os seguintes LNs para serem utilizados: TTMP, STMP, TLEV, SLEV, TFLW, SFLW, TPRS, SPRS, XSWI e XCBR. [5][6].

Porém, para o atendimento completo do sistema será necessário criar um LN específico para medição e supervisão de condutividade da água pura, os quais se propõem que sejam denominados de TCND e SCND, sendo exemplificados nas Figuras 10 e 11. Vale ressaltar que o controle/supervisão desta grandeza é de extrema importância para o sistema de água pura.

TCND class				
Attribute Name	Attr. Type	Explanation	T	M/O
LNName		Shall be inherited from Logical-Node Class (see IEC 61850-7-2)		
Data				
Common Logical Node Information				
		LN shall inherit all Mandatory Data from Common Logical Node Class		M
SmpRteRng	ING	Available sampling rate range		O
Measured values				
CnDct	SAV	Conductivity [uS/cm]		M
Settings				
SmpRte	ING	Sampling rate setting		O

Figura 10 - LN TCND.

SCND class				
Attribute Name	Attr. Type	Explanation	T	M/O
LNName		Shall be inherited from Logical-Node Class (see IEC 61850-7-2)		
Data				
Common Logical Node Information				
		LN shall inherit all Mandatory Data from Common Logical Node Class		M
EEHealth	INS	External equipment health		O
EEName	DPL	External equipment nameplate		O
Loc	SPS	Local operation		O
Status Information				
Alm	SPS	Conductivity alarm level reached		M
Trip	SPS	Conductivity trip level reached		O
Settings				
CnDctAlmSpt	ASG	Conductivity alarm level set-point		M
CnDctTRSPt	ASG	Conductivity trip level set-point		O
Measured values				
CnDct	MV	Conductivity		O

Figura 11 - LN SCND.

Para o controle das bombas e válvulas, são previstos os seguintes LNs na norma: KVLV e KPMP. Mas, devido a complexidade de controle do sistema de água pura estes LNs atenderiam parcialmente a exigência, necessitando de serem adaptados quando da implementação propriamente dita, acrescentando-se atributos de

IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

sobrefrequência, pressão e outros, para que venham a atender as condições de controle exigidas no processo. Esta reestruturação não foi abordada neste trabalho, e fica como sugestão para desenvolvimentos futuros.

Como ilustra a Figura 9, serão efetuados trocas de informações via mensagens GOOSE e MMS entre os dispositivos de controle, que podem ser IED's ou CLP's, e ainda entre Interface Homem-Máquina.

Conforme descrito anteriormente, o GOOSE é um modelo de transmissão dados que agrupa um conjunto de dados e os transmite dentro de um período de até 4 milissegundos. Os dados do GOOSE são diretamente incorporados em pacotes de dados Ethernet e funciona em mecanismo de multicast ou broadcast com assinante/editor de endereço MAC. A partir da parte 8 da norma podem ser definidos os parâmetros da mensagem GOOSE como sendo: MAC Address Virtual, Goose ID, Application ID, Configuration Revision, VLAN ID, VLAN Priority, Goose Control Block Reference name, Dataset Reference name e Conteúdo do dataset.

No caso da aplicação modelada, está sendo proposto a troca de dados entre o IED/CLP local e o IED/CLP de controle da UG, através de dois GOOSEs distintos, onde o GOOSE do IED/CLP de controle para o IED/CLP local, contemplaria os seguintes dados booleanos: Comando de partida da UG, Comando de parada da UG, Atuação do 86N, Atuação do 86E, Status de velocidade maior que 0%, Status de velocidade maior que 80%, Status de velocidade maior que 90%, Status da alimentação controle do UMCC (120Vca), Atuação de sobrefrequência no UMCC, Atuação do Térmico ref. Válvula 20RWI, Status Disjuntor ref. Válvula 20RWI, Status Disjuntor ref. Bomba 1, Atuação do Térmico ref. Bomba 1, Status do Contator ref. Bomba 1 e Posição da válvula de água bruta 03VM.

Já o IED/CLP Local, enviaria para o IED/CLP de controle os 33 eventos booleanos distintos, onde o atributo enviado seguiria o endereçamento proposto na Figura 12.

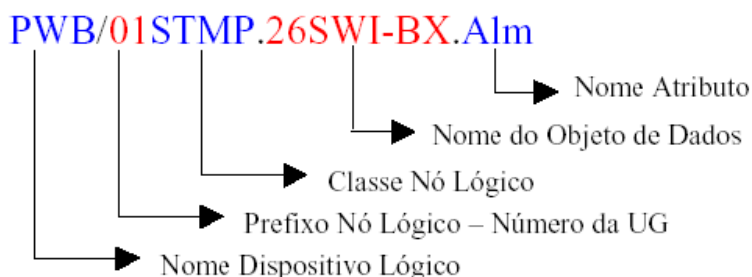


Figura 12 - Endereçamento do Atributo a ser enviado no GOOSE

Para as mensagens do tipo MMS, que é um protocolo da camada de aplicação (projetado para o monitoramento e controle de dispositivos industriais como computadores, CNCs, etc), está sendo proposto a troca de dados entre o IED/CLP local e o IED/CLP de controle da UG, através de mensagem MMS de baixo para cima, ou seja, do IED/CLP local para o IED/CLP de controle da UG e IHM, onde o atributo enviado seguiria o endereçamento proposto na Figura 12 e contemplaria demais eventos booleanos pertinentes ao processo, estimando-se em aproximadamente 40.

#### 4. CONCLUSÃO

Como descrito anteriormente, o sistema de água pura das UGs da UHI apresenta uma lógica de controle relativamente elaborada que interfere diretamente no seu desempenho da UG, mantendo a temperatura do enrolamento estatórico dentro dos limites de projeto estabelecidos para sua faixa operativa. Isso exige do dispositivo de controle IED ou CLP relativo processamento com a implementação de rotinas de controles elaboradas e extremamente dedicadas. Face a isto, durante a fase de desenvolvimento percebeu-se que os IEDs disponibilizados, até então pelos diversos fabricantes, não conseguiriam atender ao nível de programação exigido e definido pelo controle do sistema em questão segundo a IEC 61850.

Percebe-se ainda que, a comunidade de fabricantes ainda está relutante com o novo padrão para a aplicação e implementação desta norma em usinas. Frente a isto, ela retarda seus investimentos em desenvolvimento de produtos para atender aos requisitos de controle exigidos nestas aplicações.





IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

---

Alguns fabricantes pretendem lançar em um futuro próximo cartões de comunicação que atendam a norma IEC 61850, ou seja, permitam troca de mensagens GOOSE. Entretanto, só o tempo nos indicará se este caminho será o seguido por todos os fabricantes. Já outros fabricantes defendem a utilização de PCs industriais compactos com porta de comunicação em atendimento aos protocolos definidos pela IEC 61850. Após análise do capítulo 7 da norma IEC 61850, partes 4 e 410, verificou-se que esta norma carece em desenvolver/agregar mais LNs para que ela possa ser efetivamente implementada no âmbito de usinas hidrelétricas de grande porte. Alguns exemplos disso puderam ser observados e apontados durante o desenvolvimento deste trabalho e sugerimos que sejam desenvolvidos em trabalhos futuros. Em especial, sugerimos dois novos LNs para contemplar o monitoramento da grandeza condutividade (TCND e SCND) e deixamos como sugestão a revisão e aprimoramento dos LNs KPMP e KVLV para futuros trabalhos nesta área.

É inegável que com a implementação desta norma nas usinas hidrelétricas será possível verificar de imediato uma sensível redução no tempo de comissionamento dos sistemas, principalmente pela redução dos cabos de cobre utilizados nas interligações entre sistemas de uma unidade geradora.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] SILVEIRA, Paulo R. da; SANTOS, Winderson E (1999). Automação e Controle Discreto. São Paulo: Érica, 1999.
- [2] WARNOCK, I. G. (1997). Programmable Controllers - Operation and Application. Prentice Hall Europe, 1997.
- [3] MENDES, M. F.; JARDINI, J. A.. Evolução dos Sistemas de Automação Elétrica: Caminhos das Modernizações de Usinas Hidrelétricas. Décimo Tercer Encuentro Regional Iberoamericano de Cigré, Puerto Iguazú, Argentina, mai. 2009.
- [4] MALAFAIA, Marcelo Trindade. IEC 61850 Parte 7-410: Principais modificações incluídas e seus impactos. Seminário de Automação de Sistemas Eléctricos SIMPASE 2009, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, ago. 2009.
- [5] IEC61850-7-4, Communication networks and systems in substations – Part 7-4: Basic communication structure for substation and feeder equipment – Compatible logical node classes and data classes. mai. 2003.
- [6] IEC61850-7-410 Ed.2, Committee Draft: Communication networks and systems for power utility automation – Part 7-410: Hydroelectric power plants – Communication for monitoring and control. nov. 2009.



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

**IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ**  
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

---