



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

GGH-15  
19 a 24 Outubro de 2003  
Uberlândia - Minas Gerais

**GRUPO I  
GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA - GGH**

**MODERNIZAÇÃO DE UMA USINA COM AUTOMAÇÃO E INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS AUXILIARES**

**\*Ricardo Alves de Siqueira  
Hya – Automation  
Voith Siemens Hydro Power Generation**

**RESUMO**

A proposta deste trabalho é apresentar a solução que foi implantada na modernização de uma das Unidades Geradoras de uma Usina, sendo esta, uma turbina Kaplan de eixo vertical e gerador síncrono de potência próxima a 50 MVA.

Apesar desta unidade, ter sofrido uma reforma completa, tanto no gerador quanto na turbina, a ênfase será dada à Automação, abordando a integração com seus sistemas auxiliares, filosofia de controle, configuração do SDSC- Sistema Digital de Supervisão e Controle e também os principais ganhos obtidos.

**PALAVRAS-CHAVE**

Modernização. SDSC – Sistema Digital de Supervisão e Controle. Integração com os Sistemas Auxiliares. Matriz de integração do SDSC. Diagrama de Transição dos Estados Estáveis, UAC – Unidade de Aquisição e Controle.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Podemos afirmar, que os principais desafios na modernização de uma unidade geradora de uma usina em funcionamento, são os seguintes: conhecer e entender o projeto inicial implantado, identificar e priorizar as necessidades de melhorias e operar os trabalhos de uma forma sistemática e padronizada, buscando a convergência dos resultados esperados a níveis de segurança e confiabilidade na operação do sistema, como também o retorno do investimento, à luz de

uma Especificação Técnica consolidada entre cliente e fornecedor.

**2.0. ABORDAGEM INICIAL PARA IMPLANTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO NA UNIDADE 1**

Com o objetivo de melhor conhecer os sistemas e seus vários equipamentos existentes e também tornar os trabalhos da Automação mais precisos, as instalações foram divididas em sistemas.

Um sistema foi definido como um circuito onde circula um determinado fluido, sendo composto de, além das linhas de transporte, os equipamentos, os instrumentos de medição, transdutores e controladores, com um determinado objetivo comum; também foi um serviço de fornecimento em uma determinada tensão ou um grupo de equipamentos e/ou instrumentos interligados em uma malha de controle, dentro do contexto da Usina.

Baseado nesta premissa, foram identificados os seguintes sistemas, os quais interagiram com a Unidade Geradora 1 e foram integrados no Sistema Digital de Supervisão e Controle:

**Sistemas**

1. Água de Resfriamento Geral da UG.
2. Anti-Incêndio a CO2 do Gerador Principal.
3. Aquecimento do Gerador Principal.
4. Auxiliar 440 VCA.
5. Auxiliar 125 VCC.

6. Circulação de Óleo e Monitoramento de Temperatura e Nível do Mancal Guia da Turbina.
7. Circulação de Óleo e Monitoramento de Temperatura e Nível do Mancal Guia do Gerador.
8. Circulação de Óleo e Monitoramento de Temperatura e Nível do Mancal de Escora.
9. Detecção e Alarme de Temperatura do Gerador Principal.
10. Digital de Supervisão e Controle - SDSC.
11. Drenagem de Água Infiltrada da Tampa da Turbina.
12. Drenagem de Óleo Infiltrado.
13. Elétrico 13,8 kV.
14. Elétrico 138 kV.
15. Excitação e Regulação de Tensão do Gerador Auxiliar.
16. Excitação e Regulação de Tensão do Gerador Principal.
17. Frenagem do Gerador Principal.
18. Injeção de Óleo do Mancal de Escora.
19. Proteção.
20. Regulação Digital de Velocidade.
21. Regulação Hidráulica de Velocidade.
22. Resfriamento a Ar/Água e Monitoramento de Temperatura do Gerador Principal.
23. Resfriamento e Monitoramento de Temperatura de Óleo do Mancal de Escora.
24. Resfriamento e Monitoramento de Temperatura de Óleo do Regulador Hidráulico de Velocidade.
25. Resfriamento e Monitoramento de Temperatura de Óleo do Mancal Guia do Gerador.
26. Resfriamento e Monitoramento de Temperatura Óleo do Mancal Guia da Turbina.
27. Resfriamento e Monitoramento de Temperatura da Junta de Vedação do Eixo Deslizante.
28. Sincronismo – Manual e Automático.
29. Supervisão de Temperatura do Gerador.
30. Supervisão de Vibração e Orbitação do Eixo do Gerador.
31. Supervisão de Vibração e Orbitação do Eixo da Turbina.

Para os Sistemas descritos acima, foram criadas ou atualizadas as seguintes documentações, utilizadas como base de informações, para a implantação e integração do SDSC, quando aplicável:

- Diagrama Unifilar de Proteção e Medição.
- Diagrama Funcional de Comando e Proteção
- Diagrama de Processo e Instrumentação.
- Matriz de Integração do SDSC.

Especificamente, esta Matriz de Integração do SDSC, reuniu em um único documento, para cada Sistema, as seguintes informações, em relação a cada ponto de entrada e saída do PLC: identificação, tipo e endereço de hardware; endereços de memória de eventos, dos alarmes e de dinamização de telas para o Sistema Supervisório; valor e correspondência lógica de

cada variável de controle; percurso do circuito elétrico; descrição do elemento final de controle ou de aquisição de sinal; incluindo ainda, a atuação das proteções e alarmes da Unidade Geradora 1.

Este documento sintetizou e integrou as informações do projeto Elétrico e do SDSC, também foi utilizado para a validação do comissionamento, servindo também para fonte futura de informações, visando proporcionar uma manutenção mais rápida e precisa do Sistema, quando necessário.

### 3. SDSC - SISTEMA DIGITAL DE SUPERVISÃO E CONTROLE

#### 3.1. Configuração e Filosofia de Controle e Supervisão

A filosofia de controle e supervisão implantada, foi escolhida, levando em consideração alguns fatores, como: o aproveitamento do lay-out existente da Usina, a intenção futura de automatizar as outras 02 Unidades existentes, a integração dos Sistemas Auxiliares da Unidade ao Automatismo e o atendimento das necessidades de Operação e Manutenção.

O Sistema Digital de Supervisão e Controle para a Unidade Geradora 1, teve a seguinte configuração e filosofia:

- Dois pontos de Operação e Supervisão Centralizada, sendo um ponto localizado na Sala de Controle e outro na Casa de Força, no piso dos painéis:

. Sala de Controle:

. 02 Estações de Operação e Supervisão redundantes, sendo uma delas também estação de engenharia/configuração, interligadas em paralelo e com a Unidade de Aquisição e Controle 1- Principal (UAC1-P), em rede Ethernet Industrial através de Fibra Óptica.

No caso da perda de uma das Estações a outra assume a operação, com os dados atualizados.

. Casa de Força:

. Painel de Controle e Supervisão Convencional Local denominado Quadro Geral da Unidade 1 (QG1), sendo composto com os módulos descritos abaixo, conforme Fig.1, a seguir:

QG1-1: Unidade de Aquisição e Controle 1- Retaguarda (UAC1-R) e IHM local para Partida e Parada da UG Passo-a-Passo e Operação Automática Degradada

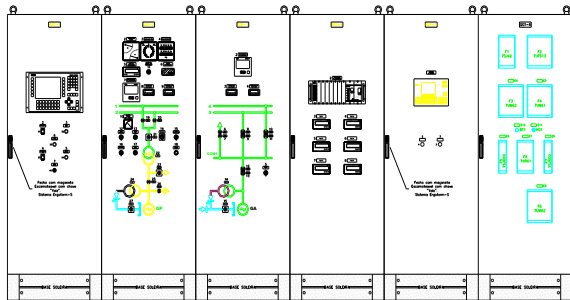
QG1-2: Comando, Sincronismo e Medição do Gerador Principal

QG1-3: Comando e Medição do Gerador Auxiliar

QG1-4: Supervisão de Temperatura e Vibração do Gerador Principal

QG1-5: Regulador de Velocidade Digital

QG1-6: Proteção do Gerador Principal e do Gerador Auxiliar



QG1-1 QG1-2 QG1-3 QG1-4 QG1-5 G1-6

Fig. 1: QG-1 - Painel de Controle e Supervisão Convencional da Unidade 1

Tivemos, então, as seguintes condições, quando da Unidade em operação:

- Perda da UAC Principal quando em operação: ocorrerá a transferência automática para a UAC Retaguarda, sem a parada da Unidade, com a condição da UAC Retaguarda estar em condições normais de operação.

- Perda do UAC Retaguarda quando em operação: ocorrerá a transferência automática, sem a parada da UG; com a condição da UAC Principal estar em condições normais de operação.

- Transferência Manual – comandada a partir da IHM Local do PLC Retaguarda (UAC1-R), podendo ser do PLC Principal para o Retaguarda e vice-versa.

- Através da IHM do PLC Retaguarda (UAC1-R), o Operador, também tem condições de partir e parar a Unidade em modo passo-a-passo e supervisionar as paradas automáticas por atuação das proteções mecânicas e elétricas da Unidade.

- A operação e supervisão da Unidade, se dá somente através do PLC Principal ou através do PLC Retaguarda.

3.2. Arquitetura de Rede

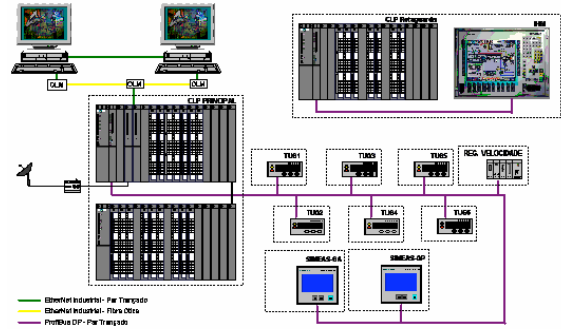


Fig. 2: Arquitetura de rede do SDSC – Unidade 1

Conforme Fig.2 anterior, as duas Estações da Sala de Controle, estão interligadas entre si, através de placas de rede e interligadas com a UAC-P, através de OLM's (Optical Link Module) e cabos de Fibr Ótica. Os Controladores Indicadores de Temperatura, os Indicadores de Variáveis Elétricas e a UAC do Regulador Digital de Velocidade, foram interligados através de rede ProfiBus-DP, assim como também a UAC-R com sua IHM.

3.3. Diagrama de Transição dos Estados Estáveis – UAC-P

Para a UAC-P (Unidade de Aquisição e Controle Principal), em atendimento as necessidades de operação e supervisão, foram criadas 21 seqüências de partida ou parada automática e 09 estados estáveis. Esta configuração de máquina de estados, permite partir e parar a Unidade, nos modos Automático e passo-à-passo, conforme Figura 3, a seguir.

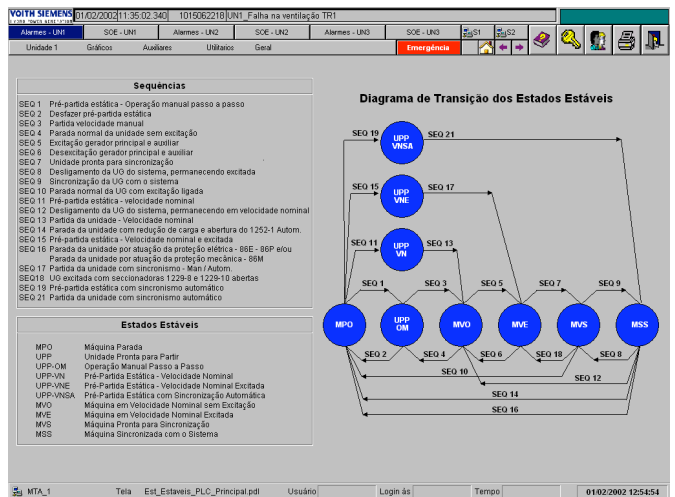


Fig. 3: Tela - Diagrama de Transição dos Estados Estáveis - UAC-P

Nas Estações da Sala de Controle, ao se clicar em "ESTADO DAS SEQUÊNCIAS", na tela de comando da Unidade ou no menu de navegação de telas, inicia-se o processo de acompanhamento da

seqüência de partida ou parada automática da Unidade. Ao se clicar nos textos “SEQ 1”, “SEQ 2”, .... será aberta uma sub-tela com as condições necessárias para que a seqüência possa ser realizada.

Resumindo, o Operador pode, a partir da Unidade completamente parada e seus auxiliares, escolher em qual estado estável pretende levar a Unidade, dependendo da situação, pode levá-la até:

“MVO - Velocidade nominal Sem Excitação”, em “MVE - Velocidade Nominal com Excitação” ou em “MSS - Máquina Sincronizada no Sistema”.

Dependendo da situação e da proteção atuada, temos ainda, 05 tipos de desligamento da Unidade:

. SEQ. 08 à SEQ. 02 - Desligamento passo-à-passo, passando por todos os estados;

. SEQ. 10 – Parada Normal da Unidade, a partir do estado MVS – Máquina Excitada e Pronta para a Sincronização;

. SEQ.12 – Desligamento da Unidade do Sistema, permanecendo a mesma em MVO – Velocidade Nominal.

. SEQ.14 – Parada da Unidade, com redução de carga, pelo RV Digital, para posterior abertura do Disjuntor Principal

. SEQ.16 – Parada da Unidade, por atuação da proteção elétrica 86E ou mecânica 86P.

#### 3.4. Diagrama de Transição dos Estados Estáveis – UAC-R

Como pode ser observado na Fig. 4, a seguir, o Diagrama de Transição dos Estados Estáveis – UAC-R (PLC Retaguarda), é o mesmo da UAC-P (PLC Principal), com a diferença que esta somente apresenta operação passo-à-passo, para partida e parada da Unidade, SEQ.1 à SEQ.18, permanecendo também as mesmas as seqüências de desligamento automático, SEQ.10 à SEQ.16.

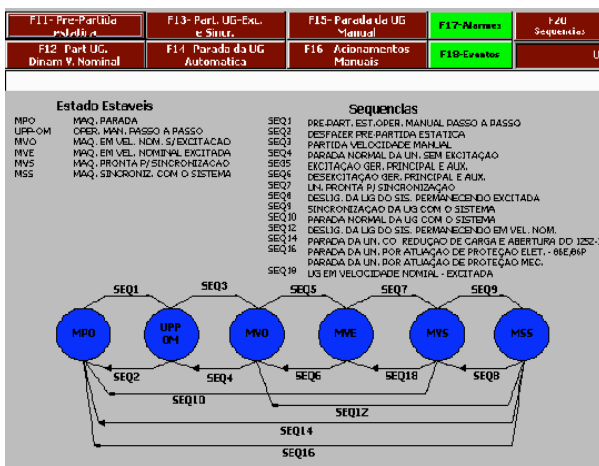


Fig. 4: Tela - Diagrama de Transição dos Estados Estáveis - UAC-R

Esta operação e supervisão é feita somente através da IHM da UAC-R, no QG1-1 - Painel de Controle e Supervisão Convencional da Unidade 1.

### 3.5. Hardware e Software Principais do SDSC

#### 3.5.1. Na Sala de Controle, foram utilizados:

. 01 Estação de operação OS77 WinCC, baseada no microcomputador SIEMENS SCENIC PRO M7 com comunicação para rede Industrial Ethernet e pacote de operação do software SCADA e softwares auxiliares para controle de processo e gerenciamento de banco de dados.

. Mais 01 Estação de operação e Desenvolvimento OS77 WinCC, nos mesmos requisitos da estação anterior, porém com mais o pacote de desenvolvimento do software SCADA SIMATIC WinCC, da SIEMENS

#### 3.5.2. No Painel de Controle e Supervisão Convencional Local, foram utilizados:

. Receptor de satélite GPS com antena, cabo de antena e saídas seriais para telegrama de horário, permitindo a expansão futura do SDSC com acréscimo de módulos para os demais CLPs.

. UAC – Principal: foi utilizado o PLC S7 400 da SIEMENS, com os devidos módulos de entrada e saída digitais, CPU e módulos de comunicação

. UAC – Retaguarda: foi utilizado o PLC S7 300 da SIEMENS, com os devidos módulos de entrada e saída digitais, CPU e módulos de comunicação e IHM local, com o software ProTool, como software de supervisão e controle.

## 4.0. CONCLUSÃO

Podemos afirmar que o modelo de Sistema de Automação implantado, na modernização da Unidade Geradora 1 desta Usina, trouxe os seguintes benefícios:

1. Controle Digital centralizado em dois pontos distintos e independentes, um na Sala de Controle e outro no Painel de Controle e Supervisão Convencional Local, permitindo a continuidade de operação segura da Unidade Geradora em qualquer um dos pontos.
2. Grande Flexibilidade operativa na partida e parada da Unidade, nos modos automático e passo-à-passo na UAC–Principal e somente passo-à-passo na UAC-Retaguarda, permitindo o acompanhamento, quando necessário, da máquina em cada estado estável de operação, pelo tempo que for necessário; como por exemplo em situações de testes de validação, após paradas de manutenção e comissionamentos.
3. Partida automática da Unidade, com um simples click de mouse, através da Sala de

Controle, levando a mesma, da condição de Máquina Parada até Máquina Sincronizada no Sistema, com carga mínima, em aproximadamente 3 minutos.

4. Na ocorrência da falha do CLP Principal, rede de comunicação ou Estações de Supervisão na Sala de Controle, ainda será possível operar a Unidade Geradora (partir, parar, variar carga/tensão) e executar paradas de emergência pelo PLC Retaguarda, com indicação da proteção que atuou.
5. Maior flexibilidade para retornos de manutenção, permitindo acionamentos independentes e locais, através do Painel de Controle e Supervisão Convencional Local, nos equipamentos dos vários Sistemas Auxiliares.
6. Centralização da Operação e Tomada de Decisão, juntamente com Despacho de Carga.
7. Identificação e isolamento dos possíveis problemas, em tempo hábil, proporcionando maior agilidade na solução dos mesmos.
8. Maior sinergia e integração entre a Operação e a Manutenção.
9. Possibilidade de interação de aplicativos de Gerenciamento de Manutenção com o SDSC, com o monitoramento das variáveis de controle, em tempo real, como por exemplo: temperatura dos mancais.

#### 5.0. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Voith Siemens Hydro Power Generation / HYA Manual de Operação – Sistema Digital de Supervisão e Controle – UAC Principal.
- (2) Voith Siemens Hydro Power Generation / HYA Manual de Operação – Sistema Digital de Supervisão e Controle – UAC Retaguarda.
- (3) Cardoso, Janette; Valette, Robert. Redes de Petri; Editora da UFSC Florianópolis – 1997.
- (4) R. da Silveira, Paulo; E. Santos, Winderson. Automação e Controle Discreto – São Paulo, Érica, 1998.
- (5) Couto de Moraes, Cícero; De Lauro Castrucci, Plínio. Engenharia de Automação Industrial – São Paulo, LTC, 2001

#### 6.0. DADOS BIBLIOGRÁFICOS

- Ricardo Alves de Siqueira
- Jaú, 22/10/58
- Engenheiro Eletricista e Eletrônico, mestrando em Engenharia Mecânica, Área de Conhecimento: Automação e Controle, Sub-Área: Controle de Sistemas a Eventos Discretos.
- Atualmente como Coordenador de Projetos na VOITH SIEMENS HYDRO POWER GENERATION, no Departamento de Automação e Sistemas