

Comitê de Estudo A1 – Máquinas Elétricas Rotativas

MODERNIZAÇÃO DO REGULADOR DE VELOCIDADE E INCORPORAÇÃO DE FUNÇÕES DE AUTOMAÇÃO E CONTROLE CONJUNTO – CASO DA UHE ACARAY

CRISTIANO BÜHLER*
REIVAX S/A
Brasil

CARLOS G. A. MARIANI
REIVAX S/A
Brasil

CLÁUDIO LUIS RONSONI
REIVAX S/A
Brasil

RAFAEL H. GEROLDI
REIVAX S/A
Brasil

FELIX BARRIOS
ANDE
Paraguai

VALENTÍN SANCHEZ
ANDE
Paraguai

***Resumo** – Centrais hidroelétricas antigas necessitam sofrer modernizações após anos de operação, dada a obsolescência de alguns equipamentos. A forte evolução tecnológica dos últimos anos afetou inclusive os sistemas de controle das centrais de geração. Um exemplo de controlador que sofreu forte evolução foi o Regulador de Velocidade (RV). Os RVs modernos apresentam a parte de controle baseada em controlador programável, a qual permite a incorporação de outras funções, como automatismos e controle conjunto, utilizando o mesmo conjunto de hardware e software ou em painel separado, interligados por protocolo de comunicação. Na modernização da UHE Acaray foi instalado RV que permite partir e parar máquinas automaticamente, dependendo da potência solicitada na barra, definida pelo operador nacional do sistema elétrico, evitando também faixas de operação proibidas, como zona de cavitação. Além disso, sistemas de controle conjunto de potência ativa e reativa foram também implementados de forma integrada, não demandando hardware adicional. Tais funcionalidades permitiram melhor resposta das unidades geradoras, facilitando a operação e reduzindo a necessidade de intervenções humanas durante o funcionamento da central.*

***Palavras chave:** Controle – Regulador de Velocidade – Automação – Controle Conjunto – Hidroelétricas – Modernização*

1 INTRODUÇÃO

A Usina Hidrelétrica Acaray se situa na cidade de Hernandarias, no Paraguai. Foi construída para exportar energia elétrica para o Brasil e Argentina, tendo sido inaugurada em 1970. Administrada pela *Administración Nacional de Electricidad* (ANDE) do Paraguai, represa o rio Acaray (do guarani *Akaray*) e tem potência instalada total de 210MW, gerados por quatro unidades geradoras acionadas por turbinas tipo Francis Vertical, as quais necessitam de cerca de 300m³/s de vazão de água cada uma [1].

A central desvia as águas do rio Acaray ao rio Paraná, aproveitando um desnível natural de 56m, elevado a 91m em função da barragem construída. As unidades geradoras 03 e 04, aqui enfocadas, possuem 60MVA de potência nominal, operando em 50Hz, com 176,5rpm nominais. Os geradores possuem tensão terminal nominal de 13,8kV, que em seguida é elevada a 220kV por transformadores elevadores (um por máquina), para então ser transmitida e comercializada (o Paraguai possui conexões com o Brasil e com a Argentina).

Em razão da topologia da construção da central, existe chaminé de equilíbrio, com 39m de altura e 15m de diâmetro, para amortecer oscilações e efeitos de sobrepressão no conduto forçado, originados pela velocidade da água.

A usina de Acaray gera aproximadamente 8% da energia demandada pelo Paraguai, sendo o restante gerado pelas centrais Itaipu, binacional com o Brasil, e Yaciretá, binacional com a Argentina.

A empresa ANDE, após estudos minuciosos, decidiu modernizar os principais equipamentos da central Acaray, já que a entrada em operação da primeira unidade geradora se deu há cerca de 48 anos, estando muitos equipamentos chegando ao final de sua vida útil.

Os sistemas de controle das unidades geradoras 03 e 04, incluindo os reguladores de velocidade, foram incluídos no projeto de modernização, já que apresentavam obsolescência elevada, com ausência de peças reservas. Além das funções básicas de controle de carga-frequência (controle primário), foi solicitada pelo cliente a incorporação de funções de automação da unidade e também de controle conjunto, de forma integrada ao mesmo equipamento.

2 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

2.1 Arquitetura de Rede, Hardware e Software Utilizados

Diante da necessidade da ANDE, foi proposta solução de forma a englobar todos os pontos previstos na Especificação Técnica. Isso se deu utilizando, para cada unidade geradora, um equipamento de regulação e automação (RVAX), composto pelas partes de regulação (RV) e controle (PCU), além de um cubículo de comunicação contendo interfaces gráficas.

A comunicação entre os painéis foi projetada utilizando a topologia em anel, através de *switches* gerenciáveis interligados por fibra óptica. Entre os equipamentos de cada painel utilizou-se a topologia estrela, sendo eles conectados aos *switches* através do meio físico Ethernet. Na Figura 1 está apresentada a Arquitetura de Rede do projeto.

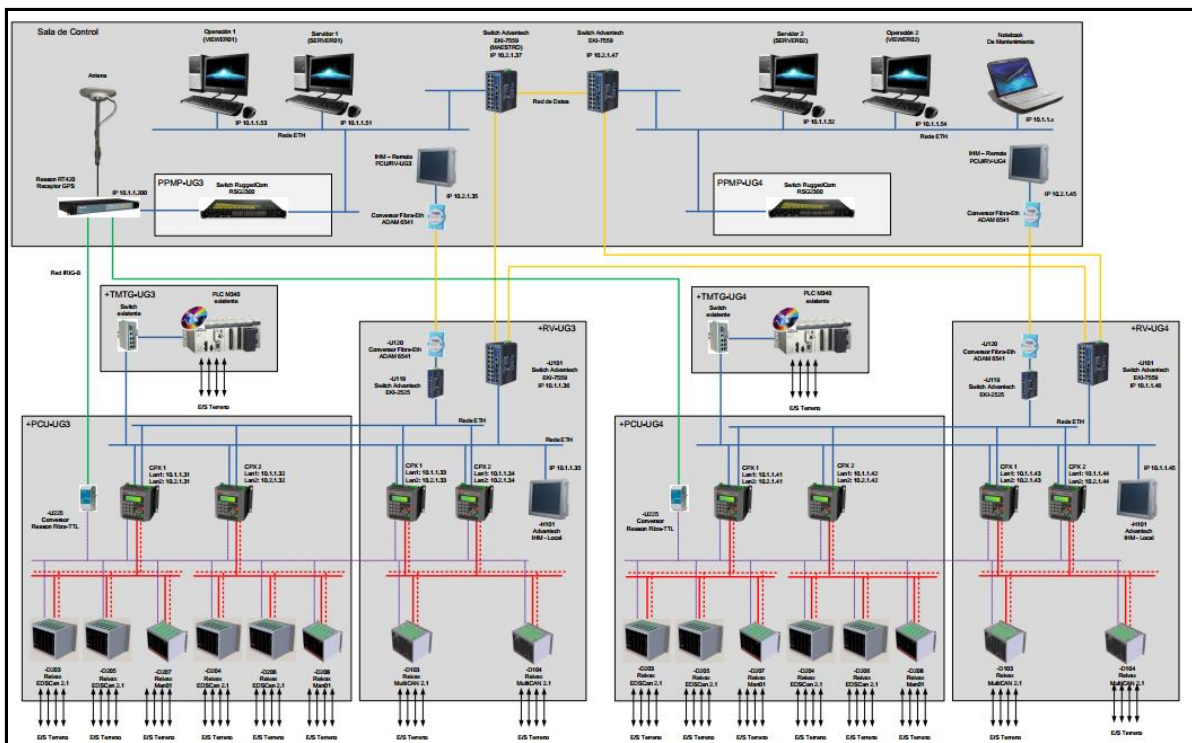


Figura 1 – Arquitetura de Rede

Nota-se pela Figura 1, na cor laranja, a redundância de comunicação entre os *switches*, com topologia em anel, a qual permite manter a comunicação mesmo que um dos elementos (nós) esteja fora de operação. A comunicação interna dos controladores utiliza protocolo CANopen, também redundante quanto ao meio físico (cabos duplicados). As informações são externadas com os outros painéis e com os sistemas supervisórios utilizando protocolo IEC-60870-5-104, trafegando por cabos ethernet e fibra óptica.

A supervisão dos estados dos equipamentos, acionamentos e gerenciamento de alarmes está disponibilizada através de IHMs gráficas, localizadas na porta frontal do painel RV ou na sala de controle. Além disso, a supervisão foi integrada ao sistema já existente, sobre plataforma Elipse E3, utilizando protocolo IEC-60870-5-104, orientado a eventos (SOE – *Sequence of Events*), possuindo suporte a mensagens não solicitadas e tráfego com estampa de tempo sincronizadas via GPS, também previsto no projeto e instalado na sala de controle.

A Figura 2 apresenta fotos dos painéis instalados, com foco no hardware utilizado. São apresentadas uma visão geral do cubículo instalado, foto mostrando a parte interna dos painéis, foto da interface gráfica instalada na sala de controle e foto das modificações mecânicas realizadas (não serão detalhadas nesse Informe Técnico).

Tanto o controlador quanto os módulos de aquisição utilizados no projeto são de concepção e fabricação na América do Sul (Brasil), o que testifica a capacidade da região de produzir tecnologia. Além disso, o software está em conformidade com a norma IEC 61131, sendo totalmente customizável, permitindo inclusões e/ou modificações de lógicas e estruturas de controle. Da mesma forma, a interface gráfica permite a inclusão de animações e desenhos visando a melhor entendimento dos processos pelas equipes de operação e manutenção. As aplicações criadas costumam ser adaptadas e utilizadas como simuladores para capacitação de operadores e mantenedores.



Figura 2 – Visão geral do hardware instalado

2.2 Lógicas Implementadas

Em relação às lógicas implementadas, algumas funções pouco comuns nesse tipo de equipamento foram utilizadas, objetivando facilitar a operação da central. Algumas delas foram o Controle Conjunto de Potência Ativa (*JLC – Joint Load Control*) e o Controle Conjunto de Tensão (*JVC – Joint Voltage Control*), além dos comandos de partida e parada automática das unidades, dependendo da potência demandada.

O JLC permite transformar duas ou mais máquinas em uma máquina equivalente, dividindo igualmente o despacho entre elas. Tal função permite obter um único valor de referência de potência ativa para toda a central, facilitando o trabalho das equipes de operação. O controle é realizado a partir de comandos aos reguladores de velocidade de cada unidade, por pulsos físicos (utilizando relés) de aumentar/diminuir, ou utilizando protocolo de comunicação.

Já o JVC garante um melhor perfil da tensão de barra, monitorado já nos níveis de transmissão, a partir da equalização dos níveis de reativo entre as máquinas. Tal controle é realizado comandando a excitação de cada máquina, a partir de pulsos de aumentar/diminuir ou utilizando protocolos de comunicação. No presente caso específico, o JVC foi implementado de maneira simplificada, se limitando a zerar o reativo das unidades 03 e 04, gerando sinalização ao operador caso uma das unidades esteja com reativo fora de uma faixa determinada (-1Mvar / +1Mvar).

Como cada unidade geradora possui curvas de rendimento diferentes, assim como zonas proibidas de operação, em função de zonas de cavitação, caso seja demandada potência que obrigue uma ou mais máquinas a operar fora de sua faixa de operação ótima, é preferível manter somente uma máquina em operação e parar a(s) outra(s). Em função disso, foram implementadas lógicas que permitem a partida automática de cada unidade geradora, dependendo do despacho solicitado. Na Figura 3 é apresentado extrato do documento Diagrama Lógico [2],[3], o qual apresenta todas as lógicas implementadas em software.

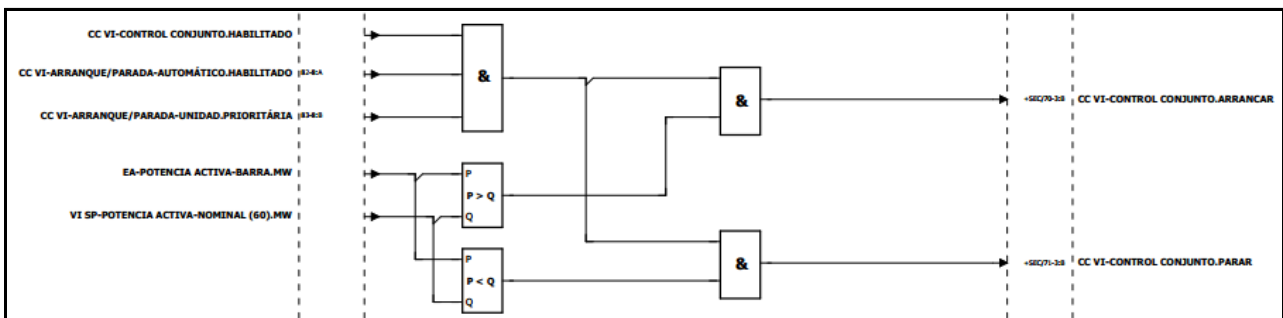


Figura 3 – Extrato das lógicas implementadas em software – Diagrama Lógico

2.3 Interfaces de Operação e Supervisão

O sistema de supervisão é baseado em uma arquitetura distribuída e redundante, na qual dois servidores, configurados em *hot-standby*, acessam e armazenam os dados de campo. Na sala de operação, duas estações se comunicam com os servidores através de uma interface amigável, onde os operadores realizam o monitoramento e controle do processo, minimizando a necessidade de rotinas de inspeção visual. Outra característica do sistema é a disponibilidade de operação através de um centro remoto. Algumas das telas implementadas no projeto, retiradas do Manual da IHM [4], estão reproduzidas na Figura 4.

Outra opção de supervisão são as IHMs na mesa da sala de controle. Esses equipamentos são baseados em sistemas *touchscreen*, que permitem navegação utilizando a própria mão/dedo, e se assemelham a um “painel de controle de avião”, monitorando a quase totalidade das variáveis e dos instrumentos envolvidos no processo. Tal característica permite a operação da unidade geradora de forma remota, isso é, de um centro de controle instalado em outra cidade ou até em outro país.

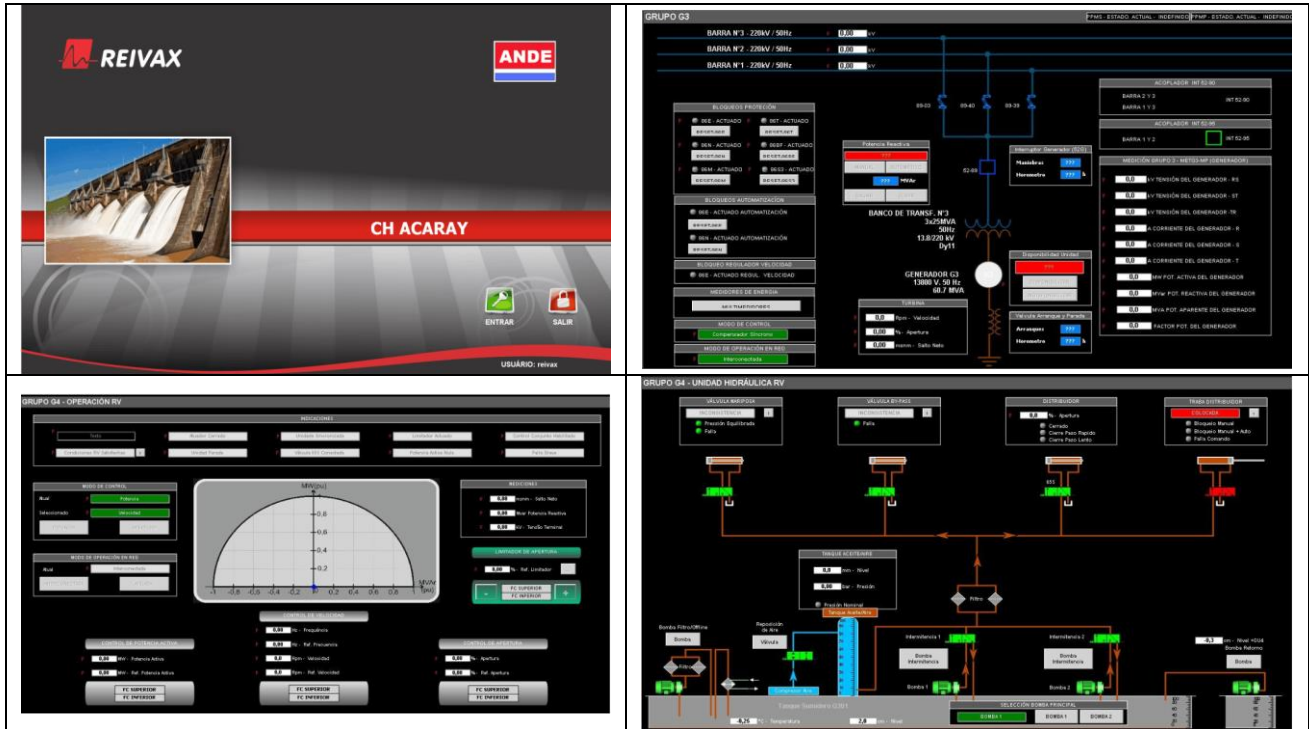


Figura 4 – Telas de Supervisão e Operação

2.4 Comissionamento do Sistema

O funcionamento real de todas as lógicas implementadas é testado durante os ensaios de comissionamento. Diversos ensaios são realizados visando a garantir o perfeito funcionamento do equipamento.

Um dos testes realizados é a manobra de partida e parada automática das unidades em controle conjunto. Na Figura 5 são apresentadas algumas oscilografias colhidas durante este ensaio, retiradas do Relatório de Comissionamento [5].

Nesse ensaio, estando a unidade 04 em operação e a 03 parada, foi comandado aumento de geração da central. Como a unidade 04 estava no ponto de máximo carregamento, a unidade 03 entrou em operação automaticamente. Por ação do JLC, as potências das duas unidades foram equalizadas (instantes 650s até 850s).

Ainda nesse ensaio, como se pode verificar na Figura 5, no instante 850s, foi registrado comando de aumento de potência na barra, mostrando as duas máquinas respondendo de maneira igual, sendo mantidas equalizadas as respectivas potências de saída.

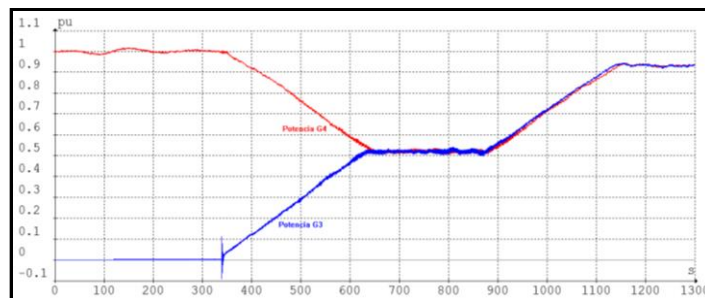


Figura 5 – Lógica de partida e parada automática por nível de potência na barra e JLC

3 CONCLUSÕES

Após o comissionamento de todas as funções implementadas, o sistema foi entregue ao cliente e ora está em operação comercial. As lógicas incluídas demandam menor interação por parte dos operadores, bem como permitem o envio de dados detalhados aos níveis de gerência e diretoria através de protocolos de comunicação. Isso facilita o acompanhamento e acelera a tomada de decisões.

A implementação de sistema de controle com topologia redundante permitiu maior confiabilidade e disponibilidade de cada unidade geradora, evidenciando os ganhos técnicos com a modernização. Da mesma forma, a redução das equipes de operação, dada a simplificação das rotinas dessas em função do sistema de automação, demonstra um dos muitos ganhos econômicos com o projeto em questão.

4 REFERÊNCIAS

- [1] ANDE – Administración Nacional de Electricidad – Sitio Web. www.ande.gov.py. Acesso em Dezembro de 2016.
- [2] REIVAX – Diagrama Lógico do projeto F12076. Florianópolis, 2012/2013.
- [3] REIVAX – Manual do Controle Conjunto do projeto F12076. Florianópolis, 2012/2013.
- [4] REIVAX – Manual da IHM do projeto F12076. Florianópolis, 2012/2013.
- [5] REIVAX – Relatório de Comissionamento do projeto F12076. Florianópolis, 2013.