



**GRUPO I  
GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA (GGH)**

**REGULADOR COMPACTO PARA TURBINAS HIDRÁULICAS**

José Cláudio Mazzoleni\*  
Jorge Izukawa

Mário Bento Jr.  
Diego Albiach Esteve

**VOITH HYDRO**

**RESUMO**

Pequenas centrais hidrelétricas somente serão viáveis no futuro se forem totalmente automatizadas. Isto se aplica para novas instalações e também para o grande número de centrais existentes, muitas delas desativadas.

Um dos sistemas mais importantes na automação das centrais é o regulador da turbina. Com a finalidade de reduzir o custo deste equipamento, foi desenvolvido um Regulador Compacto, incluindo a parte eletrônica digital e a parte hidráulica. O trabalho apresenta as principais características deste desenvolvimento.

**PALAVRAS-CHAVE**

Sistemas de controle, Regulador digital compacto, Turbinas hidráulicas, Pequenas centrais hidrelétricas.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O custo do Regulador da turbina hidráulica numa usina hidrelétrica, quando comparado com o restante dos equipamentos, normalmente é proporcionalmente maior em pequenas centrais do que em grandes aproveitamentos.

- utilizar uma interface de operação e principalmente de configuração e ajuste de parâmetros que possa facilmente ser

O desenvolvimento do Regulador Compacto teve como objetivo reduzir esta relação e contribuir na obtenção de custos que viabilizem a implantação de novas PCHs e principalmente a reabilitação, modernização e automação de centrais existentes.

As metas principais estabelecidas para a consecução deste objetivo foram basicamente as seguintes:

- definir os recursos e funções essenciais num regulador de velocidade, para fazerem parte do projeto básico do regulador compacto;
- definir funções e recursos adicionais necessários em certos casos, a serem projetados como opcionais planejados e integrados no projeto básico;
- definir uma família de reguladores para atender faixas de aplicações compatíveis com o porte das usinas em questão;
- integrar a eletrônica digital na unidade hidráulica para simplificar a fabricação, os testes, a instalação e a colocação em funcionamento;
- projetar atuadores compostos por um servomotor com todos os acessórios integrados necessários para agilizar e reduzir custos de instalação, tais como o transdutor de posição do servomotor; manipulada por pessoas com um mínimo de conhecimento sobre reguladores.

\*VOITH HYDRO

## 2.0 – FUNÇÕES BÁSICAS E OPCIONAIS

Algumas das funções básicas consideradas como padrão no Regulador Compacto:

- Regulação de velocidade:

Indispensável para permitir uma sincronização rápida, bem como regulação de frequência em redes isoladas e controle da geração através do estatismo permanente quando em paralelo com outras máquinas.

- Limitação de abertura do distribuidor

Realizada eletronicamente para não comprometer o custo do regulador, é considerada necessária principalmente por dois motivos:

- tornar possível o bloqueio da abertura do distribuidor além de um determinado ponto quando houver alguma limitação operacional na máquina;

-

- prover a operação da unidade geradora de um recurso tradicional desde o início da história dos reguladores mecânicos, há mais de um século e, portanto, muito arraigado na cultura de usinas hidrelétricas.

- Controle de partida automática da máquina

O controle automático do processo de aceleração do grupo gerador é executado por rotinas de software, utilizando os mesmos recursos de hardware da regulação de velocidade.

Outros modos de regulação tais como regulação de potência ou de nível d'água não são incluídos como funções básicas porque não se aplicam em todos os casos.

Além disto, necessitam de transdutores e equipamentos adicionais que, novamente, vão comprometer o custo do regulador desnecessariamente, se forem sempre considerados.

Eles são incluídos como módulos adicionais padronizados, com custos correspondentes destacados. Estes custos não serão elevados

porque os sistemas já estarão projetados e serão facilmente integrados no regulador.

Outras funções opcionais previstas no projeto:

- Controle do motor da bomba de óleo.

É muito comum em reguladores mecânicos antigos, que a bomba de óleo do regulador seja acionada por correias, diretamente do eixo do grupo gerador.

Dependendo do modelo do regulador mecânico e das condições de funcionamento dos equipamentos hidráulicos, muitas vezes é mais vantajoso manter o sistema de bombeamento de óleo e também de acumulação de pressão existentes.

Nestes casos é feita apenas a substituição da unidade de regulação mecânica pela eletrônica digital, com a inclusão de uma válvula de controle acionando diretamente o servomotor ou a válvula distribuidora.

No entanto, se o regulador existente for muito antigo, normalmente a pressão de trabalho é muito baixa e os componentes hidráulicos, tais como bombas e acumuladores estão em más condições de funcionamento.

Os servomotores originais são geralmente de dimensões avantajadas, devido à baixa pressão do sistema, e exigem válvulas de controle também muito grandes.

Com a substituição do sistema de bombeamento e acumulação por uma nova unidade de alta pressão, os servomotores podem ser substituídos por outros de dimensões proporcionalmente reduzidas, que necessitam de válvulas de controle muito menores e mais econômicas.

As bombas de óleo passam a ser acionadas por motores elétricos, que necessitam circuitos de partida e proteção inexistentes quando o acionamento era por correias.

Por este motivo, estes controles foram previstos como módulos opcionais.

- Trava mecânica do distribuidor:

Com a máquina parada por um período de tempo mais prolongado, a segurança operacional pode ser incrementada com a

utilização de um dispositivo de travamento mecânico do distribuidor na posição fechada.

Desta forma, independente da manutenção da pressão no acumulador, assegura-se a manutenção do distribuidor fechado.

Este sistema foi projetado de uma maneira integrada com o servomotor de acionamento do distribuidor, facilitando sobremaneira a instalação na obra.

#### - Comando do freio

Considerando que a modernização do regulador está associada à automação da usina, muitas vezes ela vem acompanhada da instalação de um sistema de frenagem hidráulico para parada da unidade geradora.

A previsão inicial para a parte eletrônica digital do regulador era de montagem numa caixa de controle, instalada sobre o reservatório de óleo, junto aos componentes hidráulicos.

Durante o detalhamento do projeto, no entanto, foi decidido montar a eletrônica num armário separado.

Em primeiro lugar, por questões de padronização, é mais econômico se dispor de espaço reservado para equipamentos opcionais do que contar com vários projetos diferentes.

Além disto, eventuais modificações e, principalmente, expansões futuras, ficam facilitadas com disponibilidade de espaço adicional.

Outro motivo é a própria separação da hidráulica e da eletrônica, evitando possíveis dificuldades devidas, por exemplo, a problemas de vibração mecânica.

### 3.0 - UNIDADE ELETRÔNICA

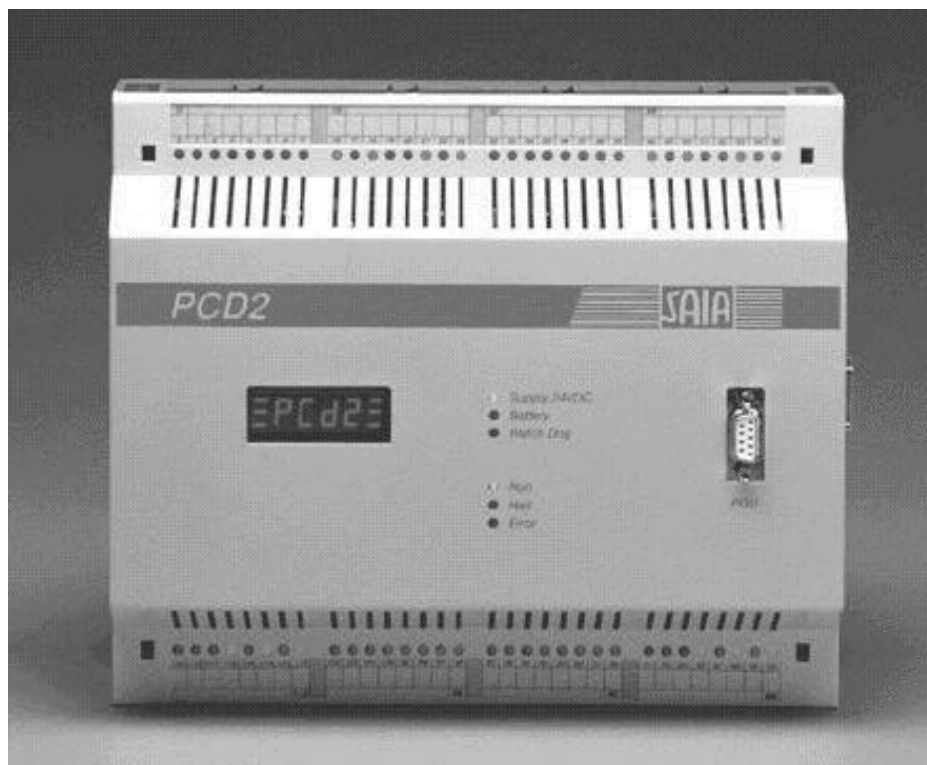


FIGURA 1: Vista frontal do CLP usado no Regulador Compacto

#### 3.1 Configuração

O regulador digital é baseado num Controlador Lógico Programável (CLP) de última geração.

A sua disponibilidade de entradas e saídas é muito superior às necessidades do Regulador Compacto e a sua capacidade de processamento permite o controle de máquinas de grande porte.

Na Figura 1 temos a vista frontal deste CLP e na

Figura 2 o diagrama em blocos com a sua arquitetura funcional interna.

Pelo fato deste modelo compartilhar a mesma linguagem de programação dos modelos de maior porte do mesmo fabricante, todos os desenvolvimentos de software realizados em máquinas de grande porte podem ser integralmente aproveitados no Regulador Compacto, sempre que isto for aplicável.

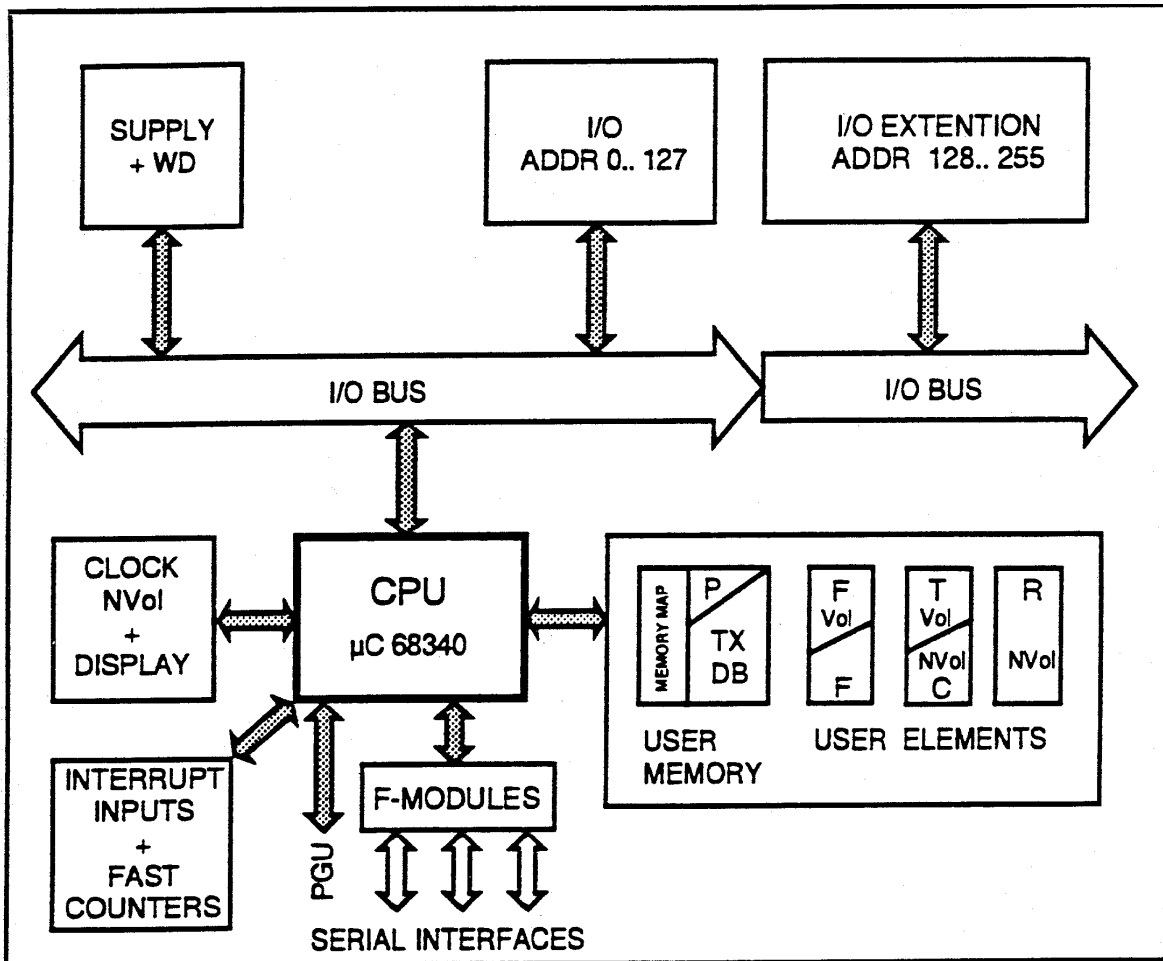


FIGURA 2: Diagrama em blocos com a arquitetura funcional interna do CLP.

### 3.2 Terminal de Operação

O terminal de operação do regulador é um dispositivo padrão de mercado que tem por finalidade permitir o comando local do regulador e também a entrada de parâmetros e ajustes para o regulador.

A Figura 3 apresenta o frontal deste terminal.

A sua programação tem em vista facilitar o entendimento destes procedimentos tornando-os auto-explicativos para permitir que o regulador seja colocado em funcionamento com a maior brevidade possível e sem a necessidade de um especialista na obra.

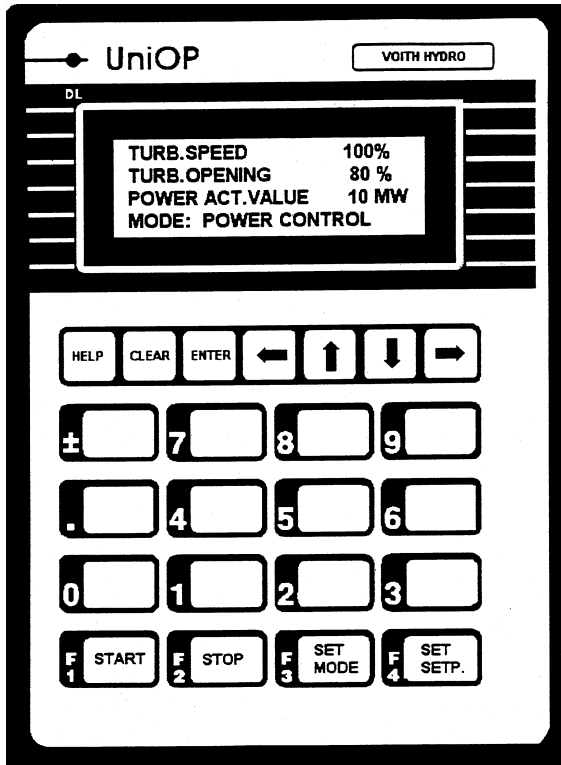


FIGURA 3: Vista frontal do Terminal de Operação

#### 4.0 – PADRONIZAÇÃO DA HIDRÁULICA

A parte eletrônica digital do regulador permanece invariável para uma ampla faixa de aplicações.

Já na parte de amplificação e controle óleo-hidráulico da turbina, é interessante padronizar

alguns modelos para atender faixas de aplicações com a maior eficiência possível.

Os parâmetros básicos para definir estas faixas são o trabalho de regulação e o tempo de fechamento.

O trabalho de regulação é o esforço necessário para movimentar os órgãos de controle da turbina tais como distribuidor, pás do rotor, etc.

Ele vai determinar o volume do servomotor de acionamento dos órgãos de controle e, conseqüentemente, o volume do acumulador de pressão, reservatório de óleo, bombas, válvulas, etc.

O tempo de fechamento dos órgãos de controle em condições de emergência, através da vazão de óleo correspondente, vai definir o dimensionamento das válvulas de controle, tubulações, etc.

O número de modelos padronizados não deve ser muito alto para não aumentar custos de projeto inicial e de manutenção e atualização dos projetos existentes.

Por outro lado, ele não deve ser muito reduzido para não onerar aplicações com necessidades levemente superiores ao limite inferior de um modelo.

#### 5.0 - BIBLIOGRAFIA

- (1) VOITH HYDRO - Manual do Regulador Compacto.