



GPC/026

21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo - Brasil

GRUPO V
GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO E CONTROLE (GPC)

**SISTEMAS DE MONITORAÇÃO INTEGRADOS NAS UNIDADES DE PROCESSAMENTO
DE REGULADORES DIGITAIS DE TENSÃO E VELOCIDADE
DE GERADORES DE ENERGIA**

Daniel Maurício Kamers*	Rodrigo Mussatto	Ângelo Mibielli
Carlos Matias Billo	Tiago César Busatta	Gustavo Gedin Ditzel
Paulo Marcos Paiva	João Marcos C. Soares	Fernando Happel Pons

REIVAX Automação e Controle

RESUMO

Este artigo trata das funcionalidades de monitoração e registro de variáveis contínuas e discretas, incorporadas em reguladores digitais de velocidade e tensão.

Serão introduzidas as motivações do trabalho, e abordados os seguintes tópicos:

- hardware e software;
- controladores digitais;
- monitoração e registro de sinais;
- características integradas;
- resultados de campo;
- possíveis aplicações.

PALAVRAS-CHAVE: Regulador Digital, Monitoração, Registro, Manutenção

1.0 - INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica dos sistemas digitais de aquisição e controle tem incentivado a sua adoção no atendimento de funcionalidades no âmbito dos sistemas de geração e distribuição de energia elétrica (1), (2), (3).

Entre as funções típicas pode-se enumerar: proteção, regulação e estabilização, armazenamento de dados históricos, registro seqüencial de eventos, automação, monitoração e comando locais e remotos. Atendendo a essa demanda típica, existem vários tipos de equipamentos: controladores programáveis, unidades terminais remotas, medidores digitais, relés de proteção digital, seqüenciadores de eventos, registradores de perturbação entre outros. (3)

Estes dispositivos utilizam microcomputadores de características robustas com interfaces para o processo. Tais microcomputadores operam em ambientes rigorosos com baixa taxa de falhas e normalmente incorporam mecanismos de autodiagnóstico para monitorar o funcionamento do hardware e do software. Em geral apresentam uma ou mais interfaces de comunicação e estão preparados para a operação em rede com protocolos *abertos*. Estes equipamentos tem sido referenciados como *Unidades de Aquisição, e/ou Monitoração e/ou Controle*, ou de forma simplificada, *Unidade de Aquisição e Controle (UAC)*. (3)

Por outro lado, existe a tendência de migração das plataformas de hardware e software *proprietários* para a utilização de componentes de alta confiabilidade, disponibilidade e aceitação no mercado visando a integração dos sistemas, redução dos custos e otimização dos recursos.

Os poderosos processadores disponíveis, como os da *família x86* amplamente utilizados em PCs (*Personal Computers*), associados aos sofisticados sistemas operacionais de tempo real, geram uma nova perspectiva para o desenvolvimento das UACs. A ampla flexibilidade dos periféricos e das plataformas de desenvolvimento permitem a agregação de alto valor com a integração de funcionalidades adicionais nos equipamentos. (1), (4)

A monitoração de sinais dos reguladores das unidades geradoras é um exemplo deste tipo de integração, abordado neste artigo. Todas as grandezas associadas à função de controle (adquiridas ou calculadas) são processadas de forma digital permitindo o registro destes sinais no tempo. É possível ainda a detecção de alterações dinâmicas (perturbações, transitórios), e eventos discretos (sinais lógi-

Reivax Automação e Controle

Rodovia SC 401 km 1 - Parque Tecnológico Alfa - 88030-000 Florianópolis - SC
Fone/Fax (048) 334-9000 - <http://www.reivax.com.br> - info@reivax.com.br

cos), para registros *por exceção*. Este processamento digital pode ser implementado de forma similar às leis de controle, através da mesma linguagem de programação e das mesmas ferramentas, para o registro de informações conforme as necessidades. (5)

Tais funcionalidades integradas aos reguladores de tensão e velocidade das unidades geradoras interligadas em rede na planta formam um sistema complementar de monitoração. Associado a um console de configuração, programação e análise de alto nível baseado em microcomputador desktop ou portátil com sistemas operacionais amplamente utilizados (Windows), o sistema facilita a análise operativa da planta.

No restante deste artigo, serão apresentadas as características dos reguladores digitais e sistemas de monitoração, e enumerados os pontos positivos e negativos verificados nesta integração. Também são mostrados alguns resultados práticos obtidos em comissionamento, e as perspectivas de utilização do sistema.

2.0 - PLATAFORMA DE HARDWARE/SOFTWARE

Abaixo são enumeradas as características notáveis da arquitetura de hardware e software construída a partir das tecnologias *commoditie* do mercado:

- Família x86, PC-104 e/ou *backplane passivo*. Interfaces padrão para dispositivos (unidades de armazenamento, *FLASHs*, vídeo/teclado, seriais, ethernet, etc): alta disponibilidade e variedade; robustez mecânica e elétrica; escalabilidade da capacidade: de alguns megabytes até vários gigabytes de memória, volátil e não volátil; alta capacidade de processamento;
- *RTOS* com escalonamento *preemptivo* baseado em prioridades, alto desempenho em termos de tempos de resposta, e alta confiabilidade e disponibilidade;
- Dispositivos de interface com o processo proprietários e/ou disponíveis no mercado;
- Outras interfaces adicionais de dispositivo conforme necessidades: interfaces com o processo específicas, interfaces de comunicação, GPS;
- Software modular, programação orientada a objetos, linguagens e ferramentas de desenvolvimento padronizadas: facilidades para expandir a capacidade do sistema.

Com esta *base tecnológica*, foi implementada uma classe de dispositivos de controle digital, ou UAC's, para atender às necessidades enumeradas inicialmente (5).

As duas *funções típicas* desta classe de dispositivos abordadas neste artigo – Controle Digital, e Monitoração e Registro de Sinais – têm um conjunto de características e restrições que são atendidas por esta arquitetura, enumeradas a seguir.

2.1 Controlador Digital

- Acesso a dispositivos de interface com o sistema físico através de entradas e saídas analógicas e digitais, e gerenciamento de periféricos interligados a sensores e atuadores do sistema;
- Execução de algoritmos e leis de controle definidas através de linguagem de programação de diagramas de blocos e lógicas digitais, baseada em padrões como o IEC1131-3; disponibilidade de algoritmos prontos de uso geral, e outros especializados em funções complexas.
- Disponibilização de Interface Homem Máquina (IHM) local e/ou remota, com estruturas de navegação configuráveis através de menus e telas de edição e visualização de parâmetros e variáveis do sistema de controle;
- Conectividade através de interfaces de rede e protocolos de comunicação (TCP/IP, Modbus): troca de dados (SCADA), redes de controle (implementação de esquemas de controle *secundário* via rede – Controlador Conjunto), acesso remoto, integração com outros fabricantes;
- Configurações redundantes (Controle Duplo-Canal).

2.2 Monitoração e Registro de Sinais

- *Programabilidade* para definição dos disparos;
- Configuração de tempos *pré* e *pós-disparo*;
- Definição de áreas de memória para armazenamento de registros consecutivos de forma a não ocorrer perda de eventos;
- Dados podem ser disponibilizados em formato padronizado;
- Gerenciamento de registros e disponibilização local e remota.

Este conjunto de características atende aos requisitos funcionais mínimos definidos pelo ONS (2) para Sistemas de Registro de Perturbações.

3.0 - CARACTERÍSTICAS INTEGRADAS

A integração do sistema de monitoração nas unidades controladoras viabilizou os seguintes aspectos funcionais:

- Programação dos canais e disparos baseada na interconexão dos blocos de função disponíveis na biblioteca do sistema de controle: linguagem de programação em comum;
- Monitoração, disparo e registro de sinais presentes na programação da aplicação do sistema de controle – algoritmos de *transdução*, por exemplo, não precisam ser reimplementados;
- A multitarefa em tempo real permite a execução de tarefas cíclicas em períodos distintos, contemplando as diferentes dinâmicas dos sinais do sistema – registros de alta resolução (na ordem dos *microsegundos*), simultaneamente com registros de longa duração (limitado apenas pela memória disponível);

- Otimização de desempenho do registro pela comunicação entre camadas lógicas de software, sem cópia de dados, e sem interfaces de comunicação externas;
- Utilização da mesma instrumentação para controle e monitoração;
- Configurações dos parâmetros de controle e monitoração realizadas de forma integrada, no próprio Programa Aplicativo.

3.1 Vantagens Apresentadas

- Simplicidade do sistema: redução do número de componentes de interface com o processo, reduzindo a complexidade e o tempo de comissionamento em relação à sistemas independentes;
- Otimização dos custos de interface com o processo;
- Registros facilitam o ajuste e análises de respostas dos reguladores;
- Os registros refletem diretamente as grandezas tais como vistas pelo regulador: maior robustez e confiabilidade no processo;
- A programação/configuração é simplificada, já que integrada ao Programa Aplicativo, e utilizando as mesmas linguagens e ferramentas de configuração;
- Possibilidade de detecção diagnóstica de situações anormais para o próprio regulador ou de outros dispositivos que afetam o comportamento deste;
- Simplificação da rede: compartilhamento da rede dos controladores como rede de monitoração e transmissão de dados de registro. O desempenho do Controlador não é afetado graças ao RTOS.

3.2 Desvantagens Observadas

- A disponibilidade da CPU afeta aos dois sistemas;
- Os requisitos da instrumentação dos dois sistemas podem não ser totalmente compatíveis –

seria necessário contemplar o caso mais rigoroso;

- De forma análoga, se torna mais difícil especificar claramente a *capacidade* do sistema: a arquitetura é *escalável* – pode ser expandida – porém para uma mesma plataforma (capacidade de CPU/memória, etc) quanto mais recurso alocado à controle, menos recurso disponível para registro, e vice-versa. Não é trivial especificar a capacidade real do sistema em termos das funcionalidades específicas – por exemplo, número máximo de registros, taxas de amostragem, tamanho máximo de Programa – mas sim em termos dos *recursos* disponíveis, como memória total volátil e não volátil, *CPU-clock*, etc;
- A programação dos disparos para gerar informações valiosas associadas aos reguladores pode ser complexa, embora a utilização de bibliotecas prontas possa reduzir o problema.

4.0 - RESULTADOS DE CAMPO

Desta integração, posta à prova em comissionamento, apresentaremos alguns resultados. Os registros abaixo foram obtidos no processo de comissionamento de um Regulador Integrado de Tensão e Velocidade, e Automatismos, instalado na UHE Herval, da CEEE.

Na Figura 1 é apresentado um detalhe da *aplicação de degrau* na Referência de Potência. Este detalhe ampliado mostra a densidade de pontos adquiridos (10 ms) em um registro total de 120 segundos. Um *degrau* é uma operação típica de comissionamento, e permite avaliar a resposta do Controlador. Foi programado um evento relativo à aplicação do degrau: sempre que este for aplicado será gerado e disponibilizado o registro correspondente, que pode ser “retirado” do controlador localmente ou através da rede, pode ser avaliado e descartado ou inserido em uma base de dados. Neste caso, o comissionador retirou o registro em uma porta de comunicação local do Regulador, através de um Notebook.

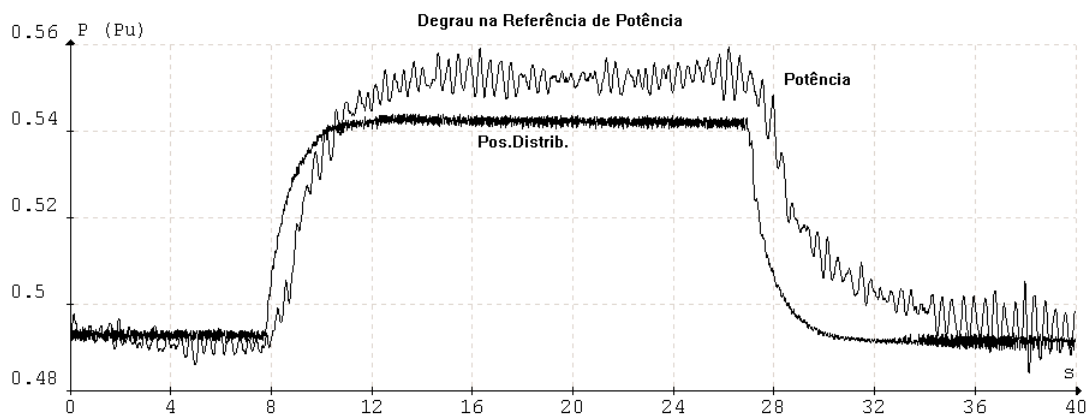


FIGURA 1

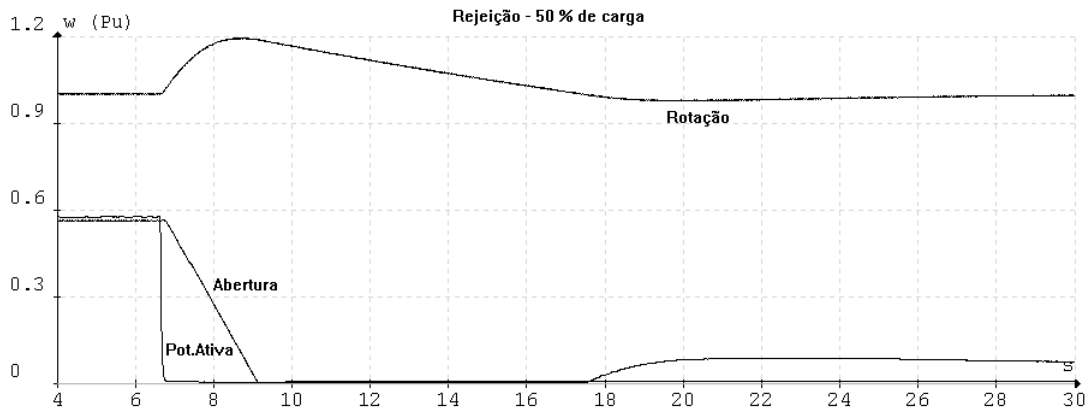


FIGURA 2

Na Figura 2 é apresentada uma rejeição de carga de 50 %. Este evento foi obtido a partir de uma lógica simples de disparo que verifica a ocorrência de abertura do disjuntor do gerador em processos de parada. Novamente, a cada evento o registro é gerado e disponibilizado de forma automática, contendo apenas os sinais pertinentes ao evento sendo monitorado (definidos pelo Programa Aplicativo).

O limite prático para a capacidade de definição de disparos é dado pela memória total disponível e velocidade de CPU (mais disparos, ou disparos mais complexos exigem mais CPU). Dado um conjunto típico de disparos programados suficientemente amplo, podem ser cobertos os principais eventos associados à operação dos reguladores e sistemas afins. Em particular, eventos relativos às condições anormais de operação podem ser monitorados a partir dos sinais do controlador, documentando e permitindo o rastreamento das ocorrências.

5.0 - POSSÍVEIS APLICAÇÕES

Os Reguladores de Velocidade e Tensão com Monitoração e Registro de Sinais integrados se apresentam como uma alternativa interessante, que apresenta uma série de melhorias *intrínsecas* de qualidade (relacionadas a custos, complexidade, desempenho, otimização) devido principalmente à base tecnológica utilizada.

Adicionalmente, esta abordagem, embora não seja típica na área, proporciona duas aplicações com grande potencial:

- Suporte ao comissionamento, como ilustrado neste artigo: detecção de condições anormais, rastreamento de falhas, suporte ao ajuste das respostas dinâmicas, etc;
- Estabelecimento de rede de monitoração na planta e posto local de análise operativa *pós-eventos*; registro das ocorrências detectadas: aplicação em manutenção preditiva dos geradores, e de outros dispositivos da planta.

Como perspectiva futura, existe a possibilidade de implementar formas de auto-diagnóstico complexos, e esquemas de auto-ajuste, baseados na *realimentação* dos registros obtidos no próprio Programa Aplicativo.

6.0 - CONCLUSÕES

A abordagem de sistema de monitoração integrado ao sistema de controle apresentou vantagens operacionais, redução de custos, redução da complexidade do sistema, facilidades para o comissionamento, e incremento de qualidade do sistema integrado.

Podemos ressaltar os seguintes aspectos da integração:

- suporte à manutenção, à operação, e apoio à análise de ocorrências, tanto nos próprios reguladores, como em outros dispositivos locais;
- redução de custos e os benefícios da integração dos sistemas de monitoração de sinais nos sistemas de controle;
- necessidades de ajuste e refinamento dos modelos de disparo de registros durante a operação inicial do sistema;

O benefício maior e imediato desta abordagem se apresenta para a própria rede de controladores e para o subsistema de regulação.

Benefícios adicionais dependem do suporte à análise implementado. Ressalta-se que a rede de controladores apresentada permite a implementação de unidades concentradoras de registros, e a integração com unidades de análise locais e remotas se necessário. A informação obtida pelo sistema de monitoração será tão valiosa quanto o uso que se fizer da mesma.

7.0 - REFERÊNCIAS

- (1) ZENI Jr., N., et ali. Modernização do Controle dos Grupos Geradores para Ensaio de Transformadores e Reatores na Fábrica. I SNCA – Salvador, 1999. Brasil.
- (2) ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. Padrões de Desempenho da Rede Básica e Requisitos Mínimos para suas Instalações. Relatórios Técnicos ONS, Brasil.
- (3) MAIA, W., Sistema Integrado de Operação e Diagnóstico de Falhas para Sistemas de Energia Elétrica. Dissertação de Mestrado. EPS-UFSC. Brasil.
- (4) ZENI Jr., N., et ali. Sistema Integrado de Controle de Velocidade, Tensão e Automatismo. XVI SNPTEE – São Paulo, 2001. Brasil.
- (5) FERREIRA, M.P., et ali. Um Sistema De Monitoração De Oscilações: Aplicação No Sistema Argentino. XIV SNPTE - Seminário Nacional de Produção e Distribuição de Energia Elétrica. Belém-PA, Brasil, 1997.
- (6) IEEE Power Engineering Society. IEEE Standard Common Format for Transient Data Exchange - COMTRADE., October, 1991. IEEE C37.111-1991.
- (7) International Electrotechnical Commission - IEC. International Standard. IEC1131. 1st. ed. 1993.
- (8) KANASHIRO, A., MALAGODI, C., CASTRO, G, Nt., Monitoramento de Equipamentos de Subestações. IEE/USP. Artigo EM: julho, 1998.
- (9) CHANG, C.L., LIU, A.S., CHEN, Y.T. Dynamic Performance Monitoring System of Taiwan Power Company. IEEE Transactions On Power Systems, Vol. 8, No. 3, pp. 815-822, August 1993.
- (10) CHIOU, C.Y., et al. A Powerful Personal Computer-Based Plant Transient Recording and Analysis System. IEEE Transactions On Power Systems, Vol. 8, No. 3, pp. 849-857, August 1993.
- (11) JARDINI, J.A. - Sistemas Digitais para automação da geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Edição Universitária. 1996.
- (12) JARDINI, J. A. ; Magrini L. C. - Desenvolvimento de um sistema de automação de subestações pela integração de módulos de software e hardware existentes no mercado brasileiro. 2º Simpase - Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos Brasileiros - Belo Horizonte. 1994.