

SISTEMA DE CONTROLE DA TURBINA DE TOPO DO ALTO-FORNO Nº3 DA USIMINAS ¹

Wilson Peris Miranda ²
Josef Miroslav Hobl ³
Luís Fernando Marzano ⁴

Resumo

A utilização de turbina para recuperação da energia do gás de topo de alto-forno vem ao encontro dos objetivos estratégicos da Usiminas de aumentar em aproximadamente 10 MW a sua geração própria. Este trabalho apresenta o sistema de controle de pressão do topo utilizado no Alto-Forno 3 e a geração de energia elétrica com utilização de uma turbina aproveitando a energia cinética do gás. Serão ainda abordados o princípio de funcionamento, a operação do sistema, o procedimento de transferência do controle de pressão convencional para a turbina e o desempenho estimado. O controle e a monitoração deste processo são realizados por um Sistema de Controle Distribuído (DCS), o que garante segurança e disponibilidade operacional, além de confiabilidade de controle. Entre os benefícios e objetivos alcançados, destacam-se o melhor controle da pressão do topo do alto-forno, o baixo custo de manutenção devido ao alto índice de disponibilidade do equipamento, a geração de energia elétrica e a segurança operacional nos momentos de transferência proporcionada pelo *software* desenvolvido internamente.

Palavras-chave: Pressão de topo; Turbina; Sistema de controle.

¹ *Contribuição Técnica ao IX Seminário de Automação de Processos da ABM; Curitiba, PR, 05 a 07 de outubro de 2005.*

² *Técnico de Instrumentação, Gerência de Instrumentação dos Altos-Fornos, Aciarias e Energia da Usiminas; Ipatinga, MG.*

³ *Assistente Industrial, Gerência de Divisão de Matérias Primas, Sinterização e Altos-Fornos da Usiminas; Ipatinga, MG.*

⁴ *Membro da ABM; Engenheiro Eletricista, M.Sc., Gerente de Instrumentação dos Altos-Fornos, Aciarias e Energia da Usiminas; Ipatinga, MG.*

1 INTRODUÇÃO

Atendendo aos objetivos estratégicos da Usiminas traçados para o quinquênio 2003 a 2008 a empresa adquiriu uma turbina para recuperação da energia do gás do Alto-Forno 3, em substituição ao atual sistema de controle de pressão do topo.

Estudos iniciais mostravam pouca atratividade do investimento, principalmente devido ao alto custo do equipamento e ao baixo preço da energia elétrica. Entretanto, a crise de energia elétrica no Brasil no ano de 2001 e o fato do governo federal ter dado incentivos fiscais para as empresas que adquirissem, até o final de 2002, equipamentos capazes de gerar energia elétrica, levaram a Usiminas a optar pela compra e instalação da turbina.

A turbina adquirida é de fabricação da empresa líder mundial neste segmento e há, no Brasil, turbinas similares em outras duas siderúrgicas.

2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE ALTO-FORNO

Os altos-fornos são reatores utilizados para a produção de ferro gusa. As principais matérias-primas carregadas são o sinter, o minério granulado e a pelota. O principal combustível utilizado é o coque metalúrgico. Todos os materiais são carregados pelo topo do alto-forno. Na região inferior é injetado o ar quente que, em contato com a carga no interior do forno, promove a gaseificação do coque, gerando o gás redutor CO e grande quantidade de calor. O gás gerado sobe em direção ao topo, em contracorrente à descida da carga, proporcionando o aquecimento, a redução e a fusão da carga metálica. Como produto, são originados o gusa e a escória líquidos, que são armazenados no cadinho, sendo então, drenados pelo furo de gusa.⁽¹⁾

Na Usiminas existem três altos-fornos: Altos-Fornos 1 e 2 com capacidades de produção de gusa de 2200 toneladas por dia e o Alto-Forno 3 com capacidade de produção de 8300 toneladas por dia.⁽²⁾

Para o Alto-Forno 3 atingir este nível de produção, um dos fatores necessários é o eficiente controle de contra pressão no topo, executado por três válvulas denominadas *R-Dumpers*, conforme mostrado na Figura 1. A eficiência deste controle, permite injetar ar na base do forno com altas pressão e vazão, sem que ocorram distúrbios operacionais que impliquem na diminuição da produção.

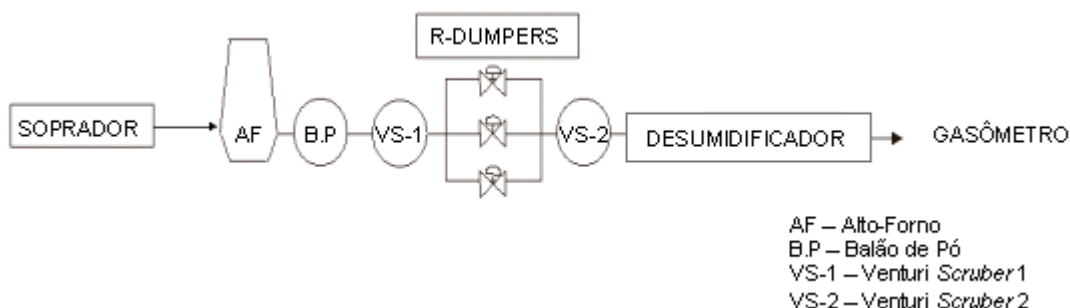


Figura 1. Fluxograma do processo sem a turbina.

O sinal da variável de processo deste controle é obtido de uma redundância tripla de transmissores de pressão que possuem fontes de alimentação redundantes. O sinal de saída para controle é utilizado pela válvula que estiver selecionada para automático. Todos os sinais analógicos e discretos deste controle estão localizados

em *racks* diferentes do controlador lógico programável, o que permite maior segurança no controle em caso de falha em quaisquer destes *racks*, conforme mostrado na Figura 2.

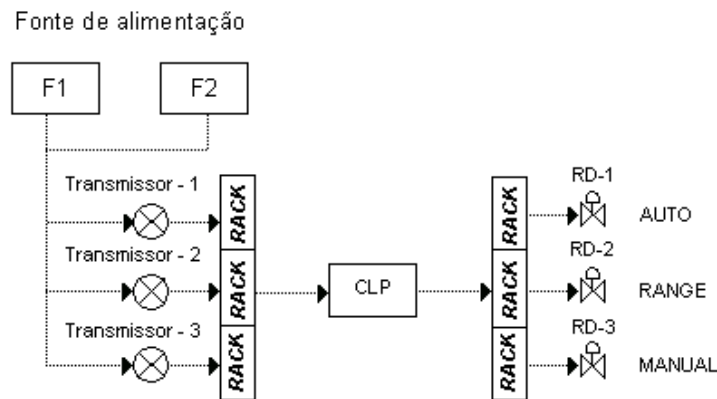


Figura 2. Desenho esquemático do controle dos *R-Dumpers*.

3 CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO DO ALTO-FORNO 3

O sistema de controle e supervisão implantado na área do Alto-Forno 3 propicia recursos amplos para operação e supervisão do processo de forma simples, versátil, eficiente e segura. O sistema foi implementado em uma arquitetura de três níveis: Controle, supervisão e otimização, conforme Figura 3.

O primeiro nível é composto por uma rede de controladores lógicos programáveis que executam o controle. A rede foi concebida de forma a individualizar áreas ou grupos de equipamentos, permitindo uma maior segurança em situações de falha e uma maior flexibilidade nas situações de manutenção no sistema.

O nível de supervisão é composto pela rede de estações de operação que executa toda interface entre a equipe de operação e o processo produtivo, possibilitando um acompanhamento em tempo real do sistema de controle. A interface homem-máquina implementa as funções de visualização e atuação no processo. Sua estrutura foi concebida permitindo uma interação entre os operadores e o sistema de controle e supervisão.

O nível de otimização é composto por um servidor que armazena dados operacionais e processa rotinas, através da interface com o nível de supervisão.^(3, 4)

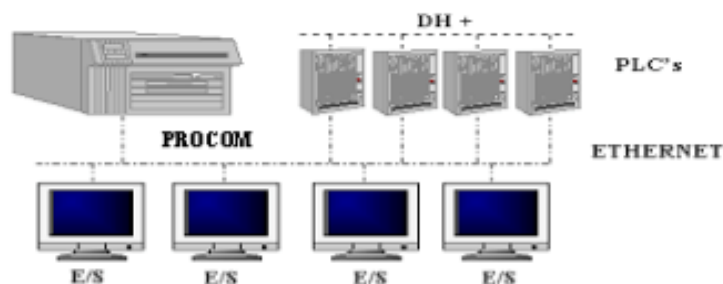


Figura 3. Arquitetura do Sistema de Controle do Alto Forno 3.

Com a implementação da turbina, foram acrescentados dois sistemas de controle distribuído, um *governor* que é um controlador lógico programável, duas estações de supervisão e uma rede de comunicação de alta velocidade (*VL-NET*). A arquitetura deste novo sistema é mostrada na Figura 4.

Cada sistema de controle distribuído tem capacidade de monitorar 8000 *tags*, possui redundância de CPU e fonte de alimentação.

A interface homem-máquina do sistema é baseada no sistema operacional *Windows*, podendo ter até 2500 janelas. Uma estação de supervisão fica localizada na sala de controle central e a outra na sala local da turbina, proporcionando redundância entre as mesmas e maior flexibilidade nos momentos de parada e reinício da planta.

O sistema utiliza rede de comunicação *VL-NET* redundante. Sua velocidade de transmissão é de 10 megabits por segundo. Sua topologia é *Bus Type* e o método de comunicação é o de leitura e escrita, que é feito através de mensagens. O controle de acesso é o *Token Passing Method*.

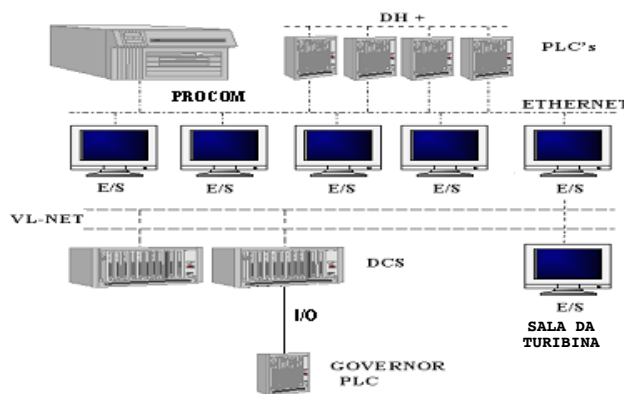


Figura 4. Arquitetura do novo sistema.

4 DESCRIÇÃO DAS FASES DE TRANSFERÊNCIA DO CONTROLE

Para que a turbina possa desenvolver sua principal função que é controlar a pressão do topo e conseqüentemente gerar energia elétrica, é necessário que o sistema passe por diferentes fases de comutação de controle. A Figura 5 mostra os principais elementos envolvidos nas fases de transferência.

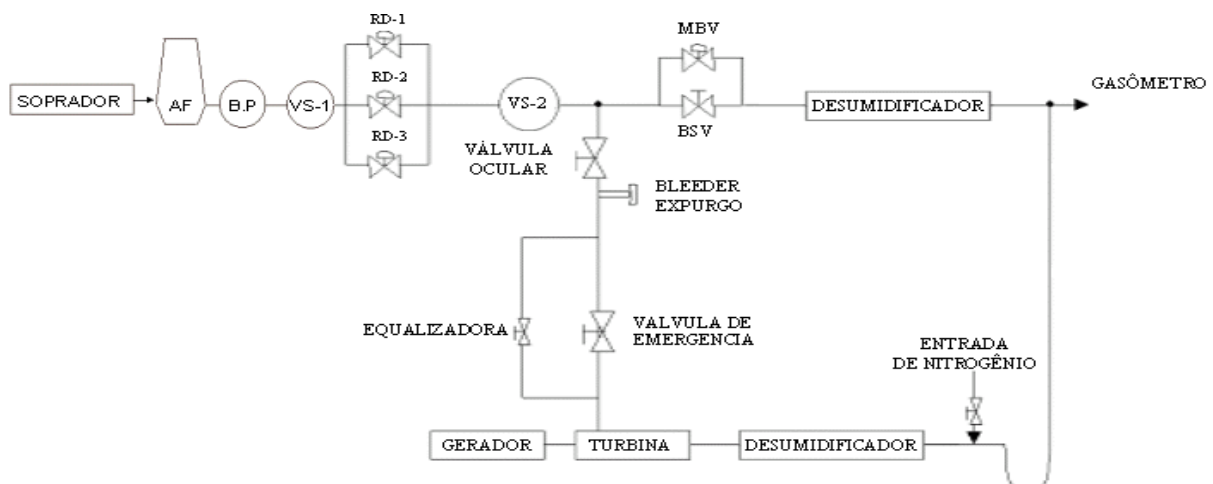


Figura 5. Fluxograma do processo com a turbina.

Inicialmente com os *R-Dumpers* controlando a pressão do topo, as válvulas *Main By-pass Valve* (MBV) e *By-pass Stop Valve* (BSV) estarão totalmente abertas, a válvula ocular estará fechada e o selo de gás com água. É feito o expurgo de todo o circuito de gás da turbina e, terminada esta fase, retira-se a água do selo de gás e abre-se a válvula ocular. O sistema estará preparado para a primeira comutação de controle.

4.1 Transferência do Controle dos R-Dumpers para a MBV

Nesta fase é fechada a BSV. A MBV começa a fechar modulando a pressão na entrada da turbina. À medida que esta vai fechando para elevar a pressão, os *R-Dumpers* estarão abrindo para manter a pressão do topo no valor desejado. Quando a pressão na entrada da turbina atingir o valor desejado ou os *R-Dumpers* atingirem um valor de abertura pré-determinado, ocorrerá a transferência do controle da pressão do topo para a MBV, e os *R-Dumpers* serão fixados em modo manual totalmente abertos, diminuindo a perda de carga sobre os mesmos.

4.2 Transferência do Controle da MBV para a Turbina

Nesta etapa a MBV estará controlando a pressão do topo com o gás na entrada da válvula de emergência. Abrindo-se essa válvula de emergência o gás estará na entrada da turbina.

Inicia-se uma troca de informações entre o sistema de controle distribuído e o *governor*, que é o responsável pelo controle da turbina.

O sistema de controle distribuído solicita ao *governor* que abra as pás da turbina para que a mesma gire a uma velocidade de 100 rpm, sendo feito um pré-teste das condições de funcionamento. A partir daí, o *governor* inicia o seu primeiro estágio de controle.

4.2.1 Controle de Abertura das Pás

O *governor* estará, a cada segundo incrementando uma abertura de 0,67% nas pás da turbina até atingir a velocidade de 800 rpm, momento em que o mesmo passa para o seu estágio de controle da velocidade.

4.2.2 Controle da velocidade

É incrementado 3 rpm/s até a velocidade atingir 3420 rpm. Neste instante o sincronizador solicita ao *governor* que eleve a velocidade para 3600 rpm. Tem-se então a condição ideal para o paralelismo.

Neste momento a turbina é acoplada ao barramento da fornecedora de energia elétrica (CEMIG) gerando o seu valor mínimo que é 2 MW. O *governor* passa para o estágio de controle da elevação de carga.

4.2.3 Controle da elevação de carga

A cada segundo, é incrementando 100 kW no valor desejado do seu bloco de controle até atingir o valor máximo de 18,8 MW.

Desde o primeiro estágio de controle do *governor*, parte do gás do topo estava fluindo pela turbina e o controle de pressão do topo era realizado pela MBV, que fechava para compensar este novo fluxo de gás. Quando a MBV estiver totalmente fechada, o controle da pressão do topo é transferido para a turbina que terá o valor para controle de pressão 0,03 kgf/cm² menor que o *set point* da MBV. Neste instante o *governor* passa para o estágio de controle da pressão do topo.

4.2.4 Controle da pressão do topo

Nesta fase de controle a principal função da turbina é controlar a pressão do topo. Neste momento, a turbina estará gerando aproximadamente 10 MW e o *governor* estará modulando as pás para corrigir variações no controle de pressão do topo, o que provoca oscilações na geração de energia elétrica.

A Figura 6 mostra todas as fases de comutação do controle da pressão do topo do Alto-Forno 3.

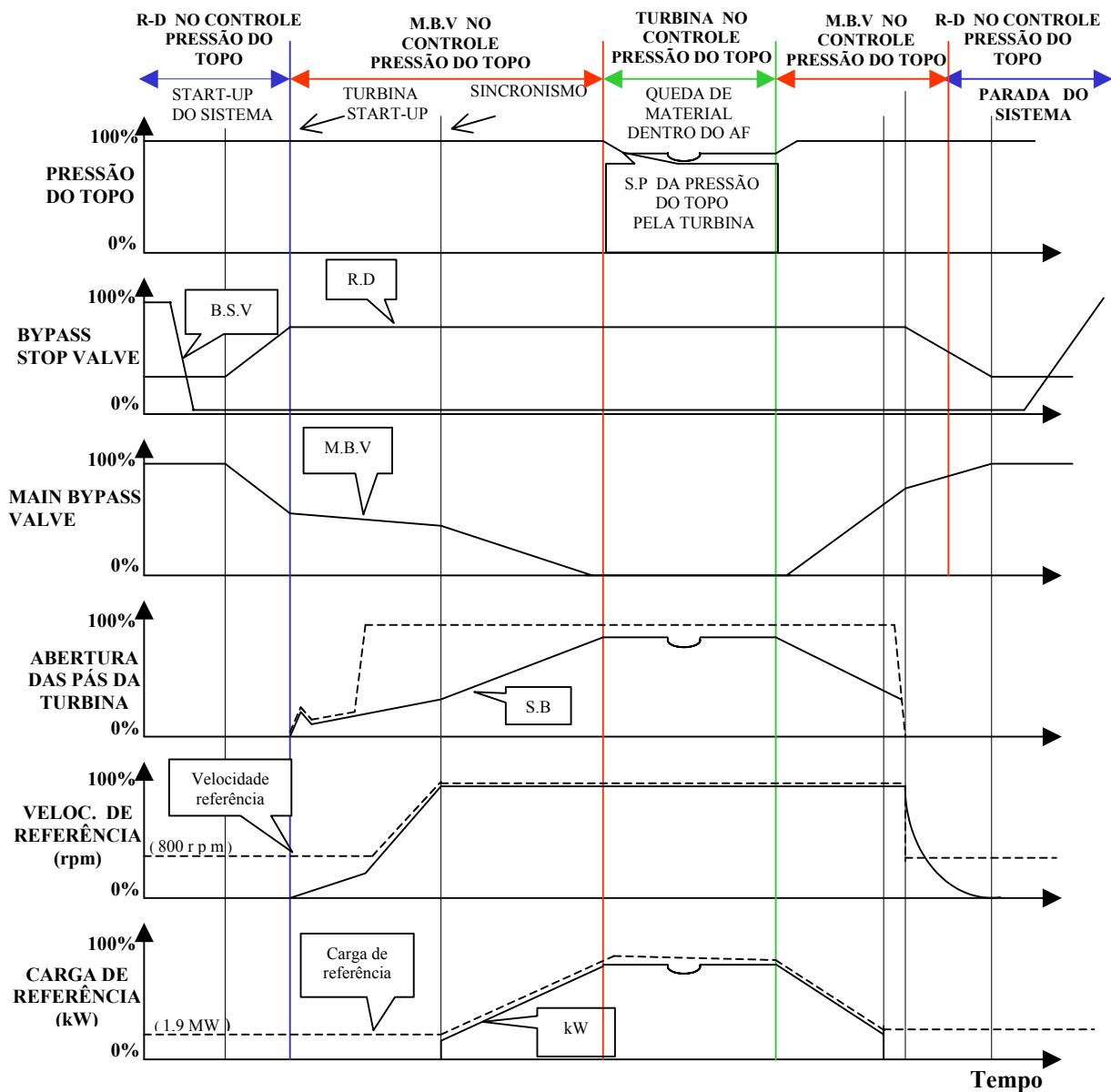


Figura 6. Gráfico das fases de transferência de controle.

4.3 Transferência de Controle em Condições Especiais

Na ocorrência de uma rejeição de carga, as pás da turbina irão fechar quase que totalmente para evitar um aumento brusco da velocidade. Será então enviado um sinal antecipativo (*feedforward*) para a válvula MBV que irá assumir o controle da pressão do topo.

Ocorrendo uma parada por defeito (TRIP) na turbina, o controle será transferido para a válvula MBV com um efeito antecipativo de abertura ainda maior, evitando-se um grande descontrole da pressão do topo, visto que neste caso, a válvula de emergência fecha totalmente em meio segundo e o único caminho que o gás terá para fluir será pela válvula MBV.

Em ambos os casos, após normalizados os problemas, a turbina terá condições de voltar a controlar a pressão do topo, caso contrário, o controle deverá ser transferido para os *R-Dumpers*.

Ocorrendo uma perda do controle do sistema hidráulico ou uma falha majoritária no DCS, o controle será transferido da turbina diretamente para os *R-Dumpers*.

É importante ressaltar que apesar de toda confiabilidade que a tecnologia adquirida proporciona, foi necessário que a equipe de Instrumentação dos altos-fornos da Usiminas desenvolvesse um *software* que proporcionasse segurança operacional nos momentos de transferência de controle. Com este *software*, obteve-se confiança operacional suficiente para executar os testes em plena condição de operação do Alto-Forno 3, sem qualquer tipo de anormalidade ou distúrbio operacional.

5 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A turbina de topo, atualmente gerando cerca de 10 MW, foi projetada para um aumento de geração com a instalação de um novo soprador. Juntamente com as duas termoelétricas e um soprador turbinado, a Usiminas produz cerca de 25% da energia elétrica consumida em seus processos, conforme mostrado na Figura 7.

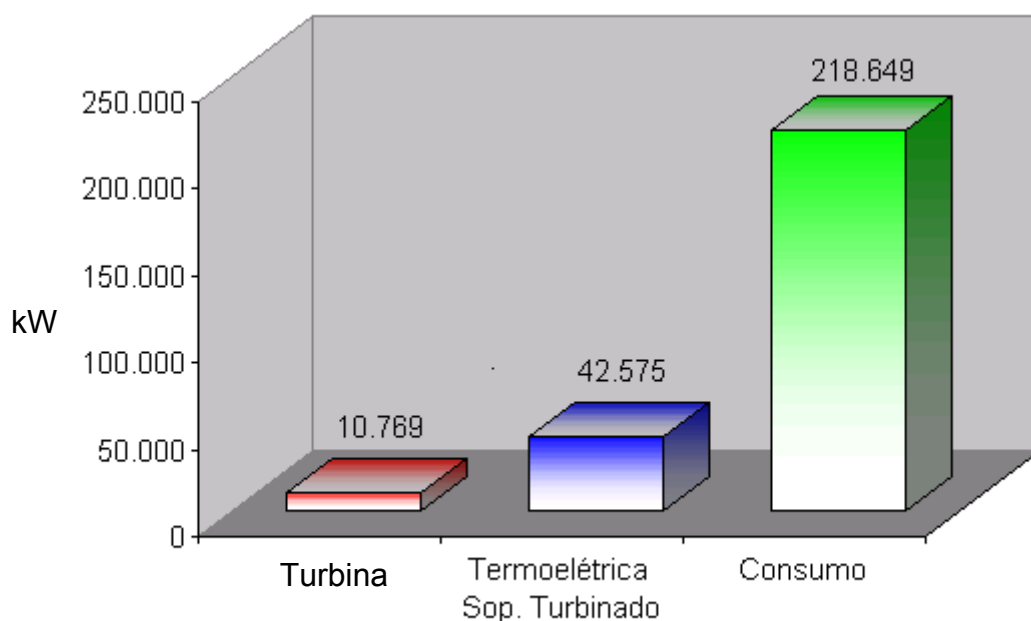


Figura 7. Gráfico de geração e consumo.

6 CONCLUSÃO

Após o *start-up* da turbina de recuperação de energia do gás de topo do alto-forno em junho de 2003, vem se confirmando todas as expectativas iniciais quando de sua aquisição.

O retorno do investimento em prazo menor que o esperado, o melhor controle da pressão do topo, o baixo custo de manutenção obtido devido ao alto índice de disponibilidade do equipamento, a geração de energia elétrica, a confiabilidade do controle do processo pelo DCS e a segurança proporcionada pelo *software* desenvolvido internamente, vem confirmar o sucesso do empreendimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 PIMENTA, Hamilton Porto; COSTA, Jurandir Diniz; MAGALHÃES, José Roberto. Avaliação do Comportamento a Altas Temperaturas da Carga Metálica dos Altos-Fornos da Usiminas In: Seminário de redução de minério de ferro e matérias-primas, 32°, 2002, Vitória , Caderno Tecnológico da Revista ABM , Vitória. São Paulo: ABM, 2002, 2003. 6p.
- 2 FERNANDES, Mauro Vivaldino; DUARTE, Walmir Alves; CARVALHO, José de Sousa. Terceira Campanha do Alto-Forno 3 da Usiminas In: Seminário de redução de minério de ferro-ABM, 31°, Santos: ABM, 2000. 10p.
- 3 HORTA, Marco Antônio Sydney; MASCARENHAS, Ricardo Mauro Henrique. Sistemas Especialistas nos Altos-Fornos da Usiminas In: Seminário de automação de processos, 8°, 2004, Belo Horizonte , São Paulo: ABM, 2004. 10p.
- 4 VIEIRA NETO, Reinaldo; BARBOSA, José Raposo; OLIVEIRA, Marco Aurélio Garcia de. Melhorias na Planta de Injeção de Finos do Alto-Forno 3 da Usiminas In: Seminário de automação de processos, 7°, Santos , São Paulo: ABM, 2003. 10p.

TOP TURBINE CONTROL SYSTEM OF THE BLAST FURNACE N°3 OF USIMINAS ¹

Wilson Peris Miranda ²
Josef Miroslav Hobl ³
Luís Fernando Marzano ⁴

Abstract

The use of the top recovery turbines comes towards the Usiminas strategic goals to increase its own generation about 10 MW. This paper presents the top pressure control system used in the blast furnace and the generation of energy performed by a turbine using the gas kinetic energy. The operation system, the transfer procedure of the control from conventional way to the turbine and the estimated performance will be described. The control and supervision of this process are made by a Distributed Control System (DCS) which assures safety and operational availability and control reliability. Among some benefits and reached objectives, the more efficient top pressure control of the blast furnace, the low maintenance costs due the high availability of the equipment, energy generation and operational safety in the transfer moment by the software developed at Usiminas.

Key-words: Top pressure; Turbine; Control system.

¹ *Technical Contribution to the VIII Process Automation Seminar of ABM, Curitiba, PR, Brazil, october 05 at 07, 2005.*

² *Instrumentation Technician of Blast Furnace, Steelmaking, Boilers and Utilities, Usiminas; Ipatinga, MG.*

³ *Industrial Assistance of Blast Furnace, Usiminas; Ipatinga,*

⁴ *Member of ABM; Electrical Engineer, M.Sc., Instrumentation Manager of Blast Furnace, Steelmaking, Boilers and Utilities, Usiminas; Ipatinga, MG.*