

MODERNIZAÇÃO DOS ACIONAMENTOS DO CENTRO DA LINHA DE DECAPAGEM 1 DA COSIPA¹

*Américo Ferreira Neto²
Amauri Dias de Carvalho³
Carlos Eduardo de Assis⁴
Edson Kazuo Ino⁵
José Araujo de Souza⁶
Nelson Santos Pereira Melo⁷
Flavio Almeida de Magalhães Cipparrone⁸*

Resumo

Os acionamentos do centro para controle de posição da tira durante o processo de decapagem contínua, quer seja no interior do tanque de ácido ou no interior do tanque de água, é de fundamental importância para a melhoria dos índices de qualidade e produtividade nas linhas de produção. Sua relevância, no tocante à questão da qualidade do produto é clara, quando se tem que garantir a produção de uma tira sem deformidades superficiais, a fim de se evitar perdas durante o processo da mesma. Existem no mercado controladores destinados a esta tarefa, mas que não levam em consideração alguns parâmetros julgados importantes para um bom resultado no trabalho de manter a tira na altura correta dentro dos tanques de ácido e água, tal como a sua velocidade. O objetivo deste trabalho é divulgar os benefícios alcançados através do desenvolvimento de um controlador automático para corrigir e/ou melhorar o posicionamento da tira dentro dos tanques de ácido e água, através do controle de velocidade dos acionamentos do centro, levando-se em consideração os principais parâmetros envolvidos. Serão apresentados o modelamento matemático do sistema e o projeto do citado controlador automático. Os resultados obtidos após a implantação na Decapagem também são apresentados.

Palavras-chave: Decapagem contínua; Acionamentos do centro; Sistemas de controle.

- ¹ Trabalho a ser apresentado no 42º Seminário de Laminação – Outubro 2005 - Santos - SP – Brasil.
- ² Sócio da A.B.M. Engenheiro Eletricista, Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Frio da Companhia Siderúrgica Paulista - Cosipa, Cubatão SP.
- ³ Sócio da A.B.M. Engenheiro Eletricista, M.Sc., Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Frio da Companhia Siderúrgica Paulista - Cosipa, Cubatão SP.
- ⁴ Técnico Mecânica, Líder de Inspeção Mecânica, Gerência de Decapagem e Acabamento à Quente da Companhia Siderúrgica Paulista - Cosipa, Cubatão SP.
- ⁵ Técnico Eletrônica, Supervisor de Manutenção, Gerência de Decapagem e Acabamento à Quente da Companhia Siderúrgica Paulista - Cosipa, Cubatão SP.
- ⁶ Engenheiro Eletricista, Inspetor de Manutenção Elétrica, Gerência de Decapagem e Acabamento à Quente da Companhia Siderúrgica Paulista - Cosipa, Cubatão SP.
- ⁷ Técnico em Eletrotécnica, Inspetor de Manutenção Elétrica, Gerência de Decapagem e Acabamento à Quente da Companhia Siderúrgica Paulista - Cosipa, Cubatão SP.
- ⁸ Professor, Dr., Laboratório de Automação e Controle, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo SP.

1 INTRODUÇÃO

O risco, originado durante o processo de retirada da camada superficial de óxido nos tanques de ácido, acarreta descartes nos rolos da Linha de Decapagem (DEC's), Laminadores de Encruamento (LE's) e desvios nas Linhas de Inspeção (LI's), implicando em perdas expressivas ao longo do processo de Laminação a Frio. Um equipamento fundamental para a redução destas perdas, são os motores de entrada do tanque de ácido e saída do tanque de água instalados no centro da Decapagem, esquematicamente representados na Figura 1. Sua instalação ocorreu no ano de 2004.

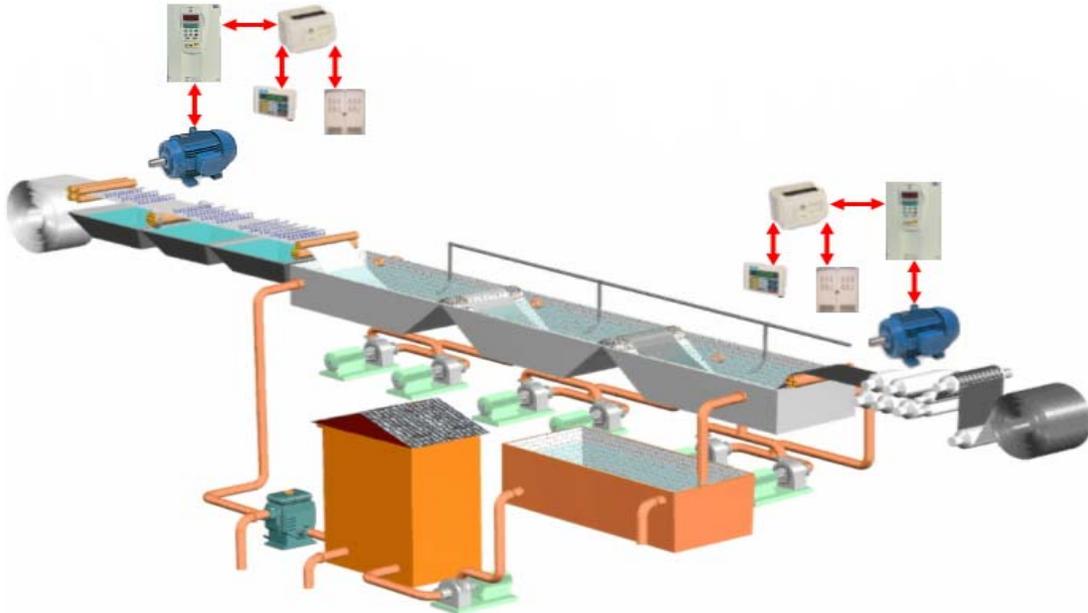


Figura 1. Os motores no centro da Decapagem.

As soluções e melhorias implementadas tinham a característica de não garantir estabilidade nos resultados, ou seja, após algum tempo os indicadores mostravam que as ações perdiam sua efetividade. Na Figura 2 e Figura 3 é possível ver que houve grande melhora entre março/03 e agosto/03 e a partir de então é patente a tendência de aumento.

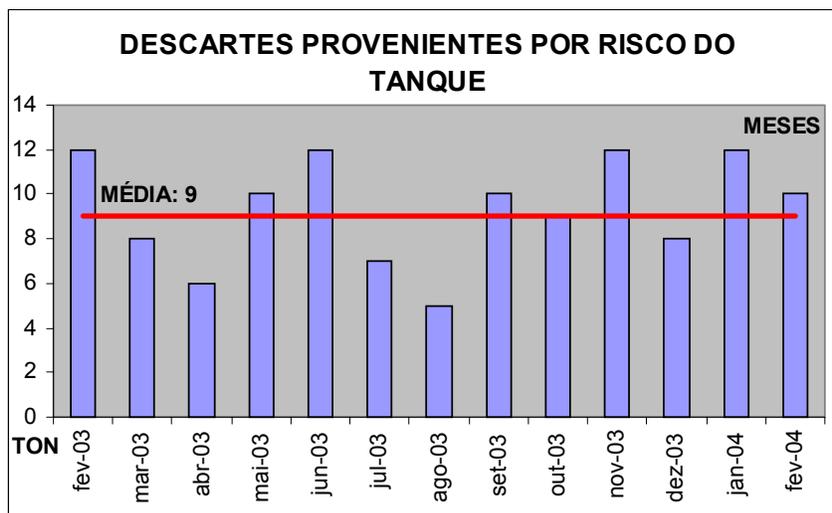


Figura 2. Descartes por Risco (02/03 a 02/04).

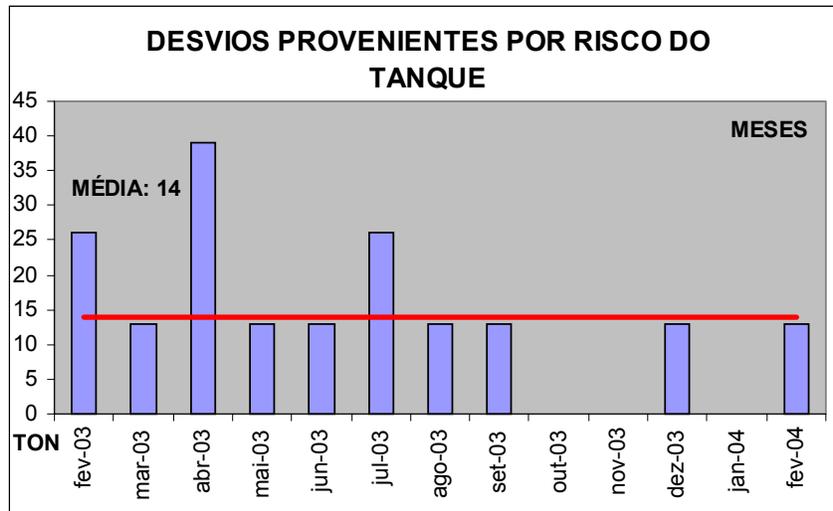


Figura 3. Desvios por Risco (02/03 a 02/04).

A análise dos componentes que contribuem para a melhoria do desempenho do centro da Decapagem indicou a necessidade de modernização dos mesmos envolvidos e estudo do controle automático, responsável pela geração das velocidades utilizadas para corrigir a posição da tira durante o banho de ácido. Daí origina-se este trabalho onde será verificada a capacidade de corrigir ou melhorar o defeito risco na Decapagem. Para isso utilizou-se um modelo matemático do sistema, compararam-se os resultados obtidos através de alternativas de projeto e pela análise dos resultados obtidos.

Alguns trabalhos relacionados com o assunto foram pesquisados. Dentre eles pode-se destacar: Campbell⁽¹⁾ que pela primeira vez, apresenta modelos matemáticos de primeira ordem, no domínio da freqüência, para o deslocamento da tira antes e após um rolo, e também, para o movimento de tiras durante o processo de desenrolar. Shelton & Reid^(2,3) apresentam um modelo de segunda ordem para o movimento lateral de tiras, incluindo resultados de testes realizados com os modelos obtidos. Carvalho⁽⁴⁾ desenvolveu um Controlador Automático para Sistemas de Guiagem de Tiras de Aço em Linhas de Processos Siderúrgicos, aplicados no Laminador de Tiras à Frio da COSIPA.

2 MODELO MATEMÁTICO

A Figura 4 apresenta os componentes existentes para o controle de velocidade dos motores no centro da Decapagem da COSIPA e a seguir são definidas as suas variáveis nominais:

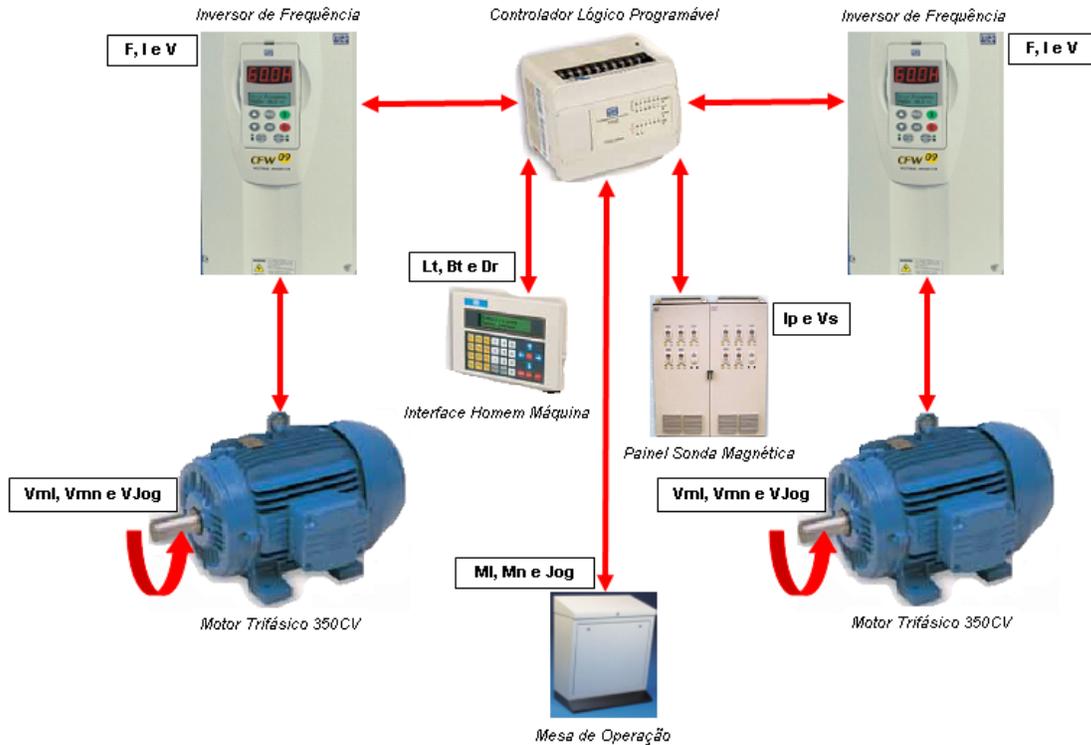


Figura 4. Sistema de controle de velocidade do centro.

- | | | | | | |
|-------------|---|---------------------------|------------|---|--------------------------------|
| F | = | Frequência do inversor. | Bt | = | Bitola da Tira. |
| I | = | Corrente do inversor. | Dr | = | Diâmetro do rolo. |
| V | = | Vensão do Inversor. | Ip | = | Corrente polarização da sonda. |
| Lt | = | Largura da tira. | Vs | = | Tensão de saída da sonda. |
| Vml | = | Velocidade marcha lenta. | MI | = | Marcha Lenta. |
| Vmn | = | Velocidade marcha normal. | Mn | = | Marcha Normal. |
| VJog | = | Velocidade de encaixe. | Jog | = | Encaixe. |

O diagrama de blocos adimensionalizado do sistema de centralização é visto na Figura 5. Para validação do projeto foram realizadas simulações incluindo as seguintes não-linearidades no modelo: variação do sinal de controle ao conversor, diâmetro dos propulsores, polarização da catenária em sinal de corrente, resposta da catenária em sinal de tensão, mudança de largura, mudança de bitola e rampas de aceleração e desaceleração aos tipos de velocidade.

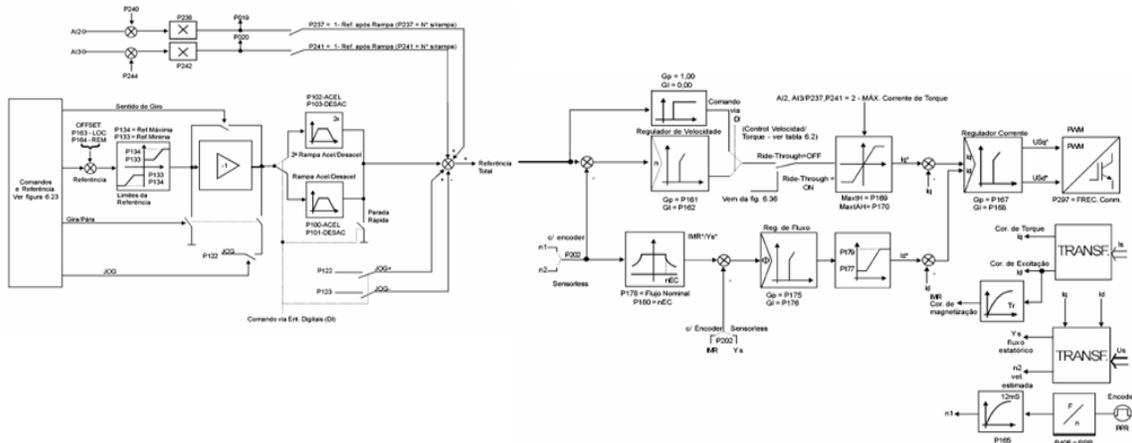


Figura 5. Diagrama de blocos adimensionalizado.

2.1 Ajuste dos Parâmetros do Modelo

Reuniram-se no modelo não-linear, todos os pontos levantados a respeito do comportamento da velocidade em regime de encaixe e permanente, da diferença nos valores da corrente de polarização da sonda magnética, da diferença nos valores de tensão na saída da sonda magnética, das velocidades de deslocamento do sistema quando aplicada variação de bitola e largura na tira e diâmetro dos rolos propulsores. Na Tabela 1 são vistos os parâmetros utilizados.

Tabela 1. Parâmetros do sistema do controle de velocidade.

| | |
|---|-----------------|
| Velocidade em marcha lenta e normal – V_{mn} , V_{ml} | 0 a 10 V |
| Velocidade de encaixe - V_{Jog} | 3 V |
| Corrente de polarização da sonda - I_p | 270mA à 280mA |
| Tensão de saída da sonda magnética - V_s | -30V à +30V |
| Largura da tira - L_t | 1200mm à 1560mm |
| Bitola da tira - B_t | 2,25mm à 4,75mm |
| Diâmetro dos rolos - D_r | 345mm à 360mm |

2.2 Validação do Modelo do Controlador Existente

O modelo do controlador do sistema, para polarização da sonda magnética foi utilizado para confirmar os resultados das simulações que irão verificar a influência da largura e bitola da tira no sistema de controle de altura com variação de velocidade dos propulsores. O sistema de controle existente leva em consideração o fato da alteração do campo magnético gerado pela sonda magnética, tal alteração é refletida no enrolamento montado na mesma sonda magnética polarizada, com alteração da tensão gerada pela aproximação ou afastamento da tira na sonda magnética, este sinal é coletado na saída do enrolamento e enviado ao painel de polarização da sonda magnética.

2.3 Projeto para Compensação do Diâmetro dos Rolos

O compensador de diâmetro dos rolos tem a finalidade de auxiliar na constante inserida no cálculo de velocidade dos propulsores, tal cálculo foi contemplado na programação do Controlador Lógico. Esta informação é inserida pela Interface Homem-Máquina existente na mesa de operação que através de comunicação em rede disponibiliza o dado ao Controlador Lógico.

3 ANÁLISE DE RESULTADOS

Foram comparados os desempenhos dos modelos quando utilizado o sistema de controle de velocidade através de Grupo Gerador (Ward-Leonard) e com o sistema de controle através de inversor de frequência. O Modelo antigo utilizava o sinal da sonda magnética com interferência direta na linha de potência dos motores de corrente contínua (CC) existentes, tal interferência causava constantes oscilações no sinal de tensão gerado aos motores não garantindo a correção correta de velocidade para evitar o arraste da tira no fundo do tanque. No sistema atual o sinal gerado pela sonda magnética é utilizado pelo Controlador Lógico para atuação na referência de velocidade dos inversores, que estão parametrizados de forma a atender a variação de velocidade com a variação do posicionamento da tira no tanque de ácido, sem permitir arraste da tira no fundo do tanque.

3.1 Implantação no Centro da Decapagem da COSIPA

A partir de março de 2004, utilizando-se o hardware e o software existentes para o controle de altura da chapa no tanque de ácido e o Controlador Lógico, implementou-se o novo sistema de controle de velocidades do centro. Este novo controlador levou em consideração as seguintes características, observadas nos ensaios e simulações:

- o ganho do sinal da sonda magnética interfere com o real posicionamento da tira no tanque de ácido, alterando a velocidade dos propulsores.
- os ganhos são diferenciados quando existe mudança de largura e bitola da tira processada na Decapagem.
- a estrutura do controlador segue a forma de um compensador de variáveis de processo com função de evitar arraste da tira no fundo do tanque.

A melhoria e estabilidade dos resultados obtidos na redução dos descartes nas Decapagem (DECs), Laminadores de Encruamento (LEs) e desvios nas Linhas de Inspeção (LIs) podem ser vistos nas Figuras 6 e 7.

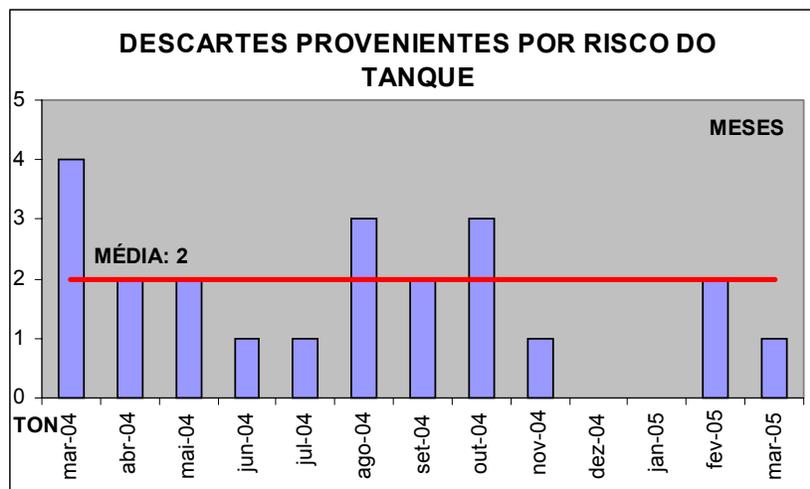


Figura 6. Descartes por Risco (03/04 a 03/05).

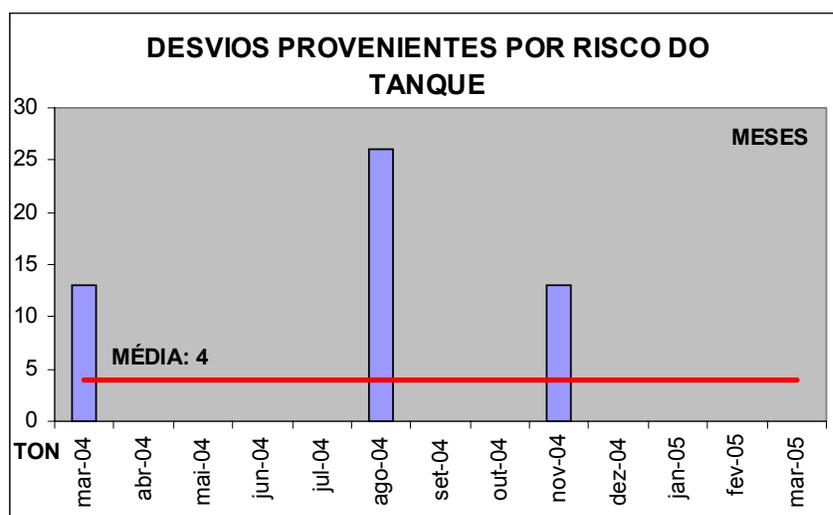


Figura 7. Desvios por Risco (03/04 a 03/05).

4 CONCLUSÕES

Além da compensação no ganho do sinal da sonda magnética, foi necessária a correção da programação no Controlador Lógico e parâmetros do Inversor. O sistema além de ter sua capacidade de rejeitar perturbações melhorada, quanto a variação do posicionamento da tira no tanque de ácido, ganhou recursos de visualização e diagnose graças à implementação em computador.

REFERÊNCIAS

1. CAMPBELL, D.P. **Process Dynamics**. New York: Wiley, p.152-156, 1958.
2. SHELTON, J. J.; REID, K. N. **Lateral Dynamics of an Idealized Moving Web**. ASME: Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, n. 3, p.180-186, September 1971a.
3. SHELTON, J. J.; REID, K. N. **Lateral Dynamics of a Real Moving Web**. ASME: Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, n. 3, p.187-192, September 1971b.
4. CARVALHO, A. D. **Desenvolvimento de um Controlador Automático para Sistemas de Guiagem de Tiras de Aço em Linhas Processos Siderúrgicos**. 2003. 120p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

BIBLIOGRAFIA

- 1 CRUZ, J.J. **Controle Robusto Multivariável**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996.
- 2 DE NEGRI, V.J. **Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos para Automação e Controle. Parte III - Sistemas Hidráulicos para Controle**. Florianópolis: UFSC, Laboratório de Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos, 2001.
- 3 GUO, R. M. **Evaluation of Dynamic Characteristics of HAGC System**. AISE: Iron and Steel Engineer, p.52-61, July 1991.
- 4 GUO, R. M.; LOEN, M. V. **Design and Simulation of an Entry Edge Guide Control System for Tandem Cold Mills**. ASME: Journal of Manufacturing Science and Engineering, v. 121, p.69-75, February 1999.
- 5 OGATA, K. **Engenharia de Controle Moderno**. Prentice Hall do Brasil, 1982.
- 6 THAYER, W. J. **Transfer Functions for MOOG Servo valves**. MOOG Inc., Technical Bulletin 103, Nova York, 11p., January 1965.

MODERN DRIVES OF THE CENTER PICKLING 1

*Américo Ferreira Neto
Amauri Dias de Carvalho
Carlos Eduardo de Assis
Edson Kazuo Ino
José Araujo de Souza
Nelson Santos Pereira Melo
Flavio Almeida de Magalhães Cipparrone*

Abstract

The center drives for control of the strip position during the continuous pickling process, wants either in the inside of the acid tank or inside of the water tank, is basic important for the improvement the quality index and productivity in the production lines. Its relevance, in touching the question product quality, is clear when is had that to guarantee the production of a strip without superficial defects, in order to prevent losses during the process of the same one. They exist in the market controlling destined to this task, but that they not carry in it considered some important parameters for a good result in the work to remain the strip inside in the correct height of the tanks of acid and water, such as its speed. The objective of this paper is to divulge the benefits obtain development of a controller automatic to inside correct and/or to improve the positioning of the strip of the tanks of acid and water, through control of speed of the centers acionamentos, leading in consideration the main involved parameters. The system mathematical model will be presented as well the controller design. The reached results after implementation in Pickling Line will be presented.

Key words: Continuous pickling line; Drives of the center; Control systems

- ¹ *Work to be introduced at 42th Cold Rolling Seminar – October, 2005 – Santos – SP - Brazil.*
- ² *Partner of A.B.M., Electrical Engineer, Cold Rolling Technical Support of Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão – SP - Brazil.*
- ³ *Partner of A.B.M., Electrical Engineer, M.Sc., Cold Rolling Technical Support of Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão – SP - Brazil.*
- ⁴ *Mechanics Technician, Leader of Inspection Mechanics Pickling Line and Hot Skinpass Division of Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão – SP - Brazil.*
- ⁵ *Electronical Technician, Maintenance Supervisor Pickling Line and Hot Skinpass Division of Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão – SP - Brazil.*
- ⁶ *Electrical Engineer, Inspection of Electrical Maintenance Pickling Line and Hot Skinpass Division of Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão – SP - Brazil.*
- ⁷ *Electrical Technician, Inspection of Electrical Maintenance Pickling Line and Hot Skinpass Division of Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão – SP - Brazil.*
- ⁸ *Teacher, Dr., Automation and Control Laboratory, Polytechnic School, São Paulo University, São Paulo – SP - Brazil.*