SISTEMA DE SINCRONISMO DE NOREAS FRIGORÍFICAS

SYNCHRONISM SYSTEM TO FRIDGE NOREAS

Laercio Bacca[1], Amauri Balotin[2], Joan Michel Levandoski[3]

Abstract *— The developed system solve problems of synchronism for maintenance shutdown in Noreas. The system has a speed control and angular synchronization of Noreas, which are failure susceptibles, as the break of sensors or motors and blackout or new firmware downloads, which sometimes result a loss of references, so the downtime for maintenance was extended. This study eliminates these problems through mathematical expressions on the firmware PLC, the PLC controls pre-established references and self-adjusts the angular position regardless of the encoder position. In addition, an HMI system allows the operator to easy interact with many tools and possibilities if the mechanical system will be changed due to routine maintenance.*

Index Terms — Maintenance, Norea, Self-adjusts, Synchronism.

INTRODUÇÃO

A evolução de sistemas autômatos em indústrias é realidade rotineira neste ambiente de trabalho. A automação evoluiu e criou uma série de melhorias que aplicadas a processos, reduzem o tempo de parada para manutenção, dão maior confiabilidade e eficiência energética ao sistema. Dentro da automação é indispensável o uso da instrumentação e do controle de processos, estes por sua vez são os responsáveis pela exatidão, qualidade, precisão e desempenho de um sistema de controle. O sistema de transporte denominado de norea é, basicamente, um sistema mecânico constituído por ganchos aéreos que deslizam através de um sistema carregando o animal abatido, transportando o mesmo na linha de produção.[5]

Comumente os frangos têm de ser transferidos de um transportador para outro, e isto exige precisão em termos de posicionamento entre a junção dos mesmos. A precisão de posicionamento deste tipo de sistema não deve depender de sistemas semiautomáticos, que são utilizados atualmente pela maioria das indústrias frigorificas do Brasil, pois isto causa atrasos no processo e por consequência perdas na produção. O sistema de sincronismo procura solucionar os atrasos devido a calibração, fazendo automaticamente o processo e como consequência reduzindo o tempo de parada quando realizadas manutenções preditivas.

Com isso, este trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema automático capaz de realizar o sincronismo de um sistema mecânico, constituído por dois transportadores aéreos os quais carregam os animais abatidos na linha de produção. Tal sincronismo se faz necessário pois estes transportadores podem apresentar diferentes características e até mesmo de quantidade de carga, e estas mudanças podem causar danos ao sistema e a linha de produção.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 1 ilustra um diagrama em blocos simplificado do sistema proposto. Neste projeto o objetivo é que sistema construído realize o sincronismo entre as duas noreas transportadoras.

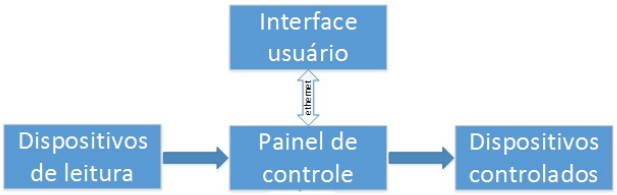

FIGURA 1
DIAGRAMA EM BLOCOS DOS SISTEMA PROPOSTO.

A interface com o usuário é realizada por uma Interface Homem Máquina (IHM), os dispositivos de leitura são dois *Encoders* no eixo do sistema de norea e dois sensores indutivos que monitoram a posição inicial do eixo principal de cada uma das noreas. O protótipo conta com um painel de controle que aloja um Controlador Lógico Programável (CLP) que realiza a leitura dos *encoders* e o acionamento dos conversores de frequência, estes conversores são responsáveis pelo controle da velocidade dos dois motoredutores das transportadoras. Na sequência estão detalhados as características e os componentes utilizados para construção do sistema.

CLP

O CLP escolhido para o projeto foi o *MicroLogix* 1400 L32-BXBA, pois atende a especificações básicas, como por exemplo entradas rápidas de função para *encoders* e função de Controle Proporcional Integral Derivativo (PID) para o

[1] Laércio Bacca, Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Passo Fundo, 93099@upf.br;
[2] Amauri F. Balotin, Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Brasil amauribalotin@upf.br
[3] Joan M. Levandoski, Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Brasil joan@upf.br

DOI 10.14684/ICECE.9.2015.160-164
© 2015 COPEC

controle do protótipo em questão. A Figura 2 mostra o CLP utilizado neste projeto.

FIGURA 2
CLP UTILIZADO NO PROJETO. MICROLOGIX 1400 L32-BXBA.

Principais características do Controlador: [3]

- Programa do usuário/ espaço de dados: 10K/10K configurável;
- Registro de dados/ armazenamento de receita: 128KB (de dados, sendo esta subtraída do tamanho da memória do registro de dados disponível), receita até 64KB;
- Porta de comunicação padrão: RS-232, conector mini DIN 8 pinos, DB-9 e *Ethernet* I/P, 10/100MBbps;
- Opção de comunicação: RS-232, DH-485, *DeviceNet*, Modbus RTU mestre/escravo, Modem de rádio DF1 *half* duplex mestre/escravo, ACSII;
- Linguagem de programação: *ladder*;
- Software de programação RSLogix 500;
- PID;
- Relógio de tempo real;
- Matemática de ponto flutuante;
- Edição da programação: on-line;
- I/O no controlador: 32 pontos;
- Expansão de I/O: até 128 pontos;
- Pontos analógicos: incorporada;
- Posicionamento simples (pulso modulado por largura/saída de trem de pulso): 3 PTO @ 100KHz / PWM @ 40KHz;
- Controle de servo de eixo único: através do PTO integrado;
- Contador de alta velocidade (entrada 24Vcc): 12 @ 100KHz;
- Tensão de alimentação: AC e CC.

Conversor de Frequência

O conversor escolhido foi o modelo *PowerFlex* 753 que é do mesmo fabricante que o PLC o que facilita na comunicação e parametrização dos mesmos. A Figura 3 ilustra o conversor utilizado.

FIGURA 3
CONVERSOR UTILIZADO NO PROJETO. *POWERFLEX* 753.

Interface Homem Máquina (IHM)

A interface IHM utilizada foi a *panelview plus* 700 do mesmo fabricante que o CLP o que oportuniza compatibilidade na comunicação. A tela da mesma possui 7" e tem uma resolução de 640x480. A mesma possui tela *touchscreen* e tem seu próprio software de programação, o que possibilita uma alta versatilidade de criação de telas interativas para com o usuário. [3]

Ela é responsável pela configuração e monitoração do sistema. A Figura 4 mostra o modelo usado neste projeto:

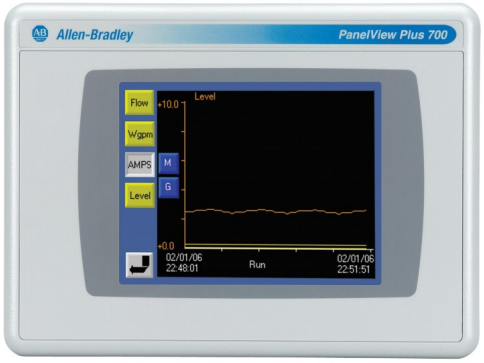

FIGURA 4
TELA DA IHM UTILIZADA NO PROJETO. PAINELVIEW PLUS 700.

Encoder

Foi utilizado um *encoder* com corpo de inox para atender a exigências sanitárias do projeto. O *encoder* escolhido foi o *encoder* incremental da Marca *Hohner*, série 58. A Figura 5 ilustra o modelo utilizado neste projeto.

FIGURA 5
ENCODER INCREMENTAL SÉRIE 58.

As características elétricas do *encoder* são: [4]

- Tensão de alimentação: 20 à 28Vcc
- Corrente Máxima de Consumo: 80mA;
- Corrente Máxima de Saída: 20mA;
- Frequencia Máxima de Operação: 130Khz;
- Temperatura de operação: -10º a 80ºC;
- Pulsos/360º: 1200;

Sensor Indutivo

Este periférico foi escolhido para atender a necessidade de se monitorar a passagem de uma circunferência completa O grau de proteção atende ao esperado, já que o mesmo também estará posicionado próximo ao eixo principal da norea. Outra característica importante que foi levada em conta foi a possibilidade do funcionamento através de apenas dois fios, além disto é possível utilizar o sensor no modo PNP ou NPN. [1]

O modelo escolhido é o modelo IF5597 da Marca IFM como pode-se observar na Figura 6:

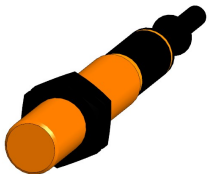

FIGURA 6
SENSOR INDUTIVO IF5597.

Como características o sensor indutivo possui:

- Função elétrica: CC PNP/NPN;
- Tensão de Operação: 10 à 55Vcc;
- Temperatura de operação: 0º à 80ºC;
- Índice de Proteção: IP67;

A Figura 7 demostra as duas maneiras de funcionamento do sensor.

FIGURA 7
MANEIRAS DE CONFIGURAÇÃO E OPERAÇÃO. [1]

DESENVOLVIMENTO

O sistema proposto deve ler a posição angular entre as noreas e também a posição inicial. Tais informações são enviadas para a IHM de forma que o operador possa manipular e/ou visualizar as informações do sistema. Ainda, os conversores de frequência realizam o controle da velocidade dos motores e com isso a sincronização dos eixos.

O CLP executa a leitura dos componentes de entrada (sensores indutivos e os *encoders*) e então toma as decisões de controle nas saídas. Alguns dados de entrada são necessários para o funcionamento correto do protótipo, um exemplo é a leitura da posição angular de cada norea que é proveniente de dois *encoders*, estes são lidos utilizando as entradas rápidas do CLP. Neste projeto o *encoder* um foi colocado nas três primeiras entradas do CLP e o *encode*r dois nas 3 seguintes. Os dois sensores indutivos foram colocados em entradas normais, e além disso são monitorados contatos de disjuntores, relés de emergência e os conversores para o caso de falhas.

Como atuadores têm-se os conversores de frequência que são responsáveis pelo acionamento dos motores que movimentam as noreas. Há também o acionamento de relés que habilitam o canal Z do *encoders*, além da saída ethernet para a comunicação com a IHM.

Firmware

Para melhor desempenho do sistema, foram implementados dois programas no CLP, um programa dedicado e um programa principal. O programa dedicado é responsável pela leitura das entradas rápidas onde estão os *encoders*. Neste programa existem contadores que geram uma interrupção, forçando o programa a parar sua rotina normal. O *encoder* da norea 1 é lido por um contador dentro do firmware e o *encoder* da norea 2 é lido por outro contador, portanto cada contador terá no seu valor acumulado o valor da posição angular de cada norea.

O programa principal recebe e envia dados da IHM, e se receber pedido de interrupção dos contadores o programa principal bloqueia a execução das rotinas normais e executa a varredura das rotinas dedicadas. Caso não receba pedido de interrupção o programa principal executa as rotinas normais que verificam a velocidade e sincronismo do sistema, sendo que o sincronismo tem prioridade sobre a velocidade, portanto para manter o sincronismo pode haver comprometimento da velocidade. Se o sincronismo estiver dentro da faixa programada o programa busca a faixa de velocidade desejada e se o sincronismo estiver fora da faixa programada o programa irá ajustar o sincronismo desprezando a velocidade, depois de sincronizado busca-se então a referencia de velocidade requerida.

No eixo de cada norea há um disco acoplado onde em seu perímetro alocam-se 10 frangos, esses discos são aproximados frontalmente para poder executar a transferência. Cada norea possui uma engrenagem com relação i=20 acoplada ao eixo principal e em contato com o *encoder*. Os *encoders* utilizados têm uma resolução de 1200 pulsos por giro associado a uma função especial dos contadores do controlador transformando a leitura de resolução1200 para 4800 pulsos por giro do eixo do

encoder. Como a relação de transmissão é 20, a cada giro do eixo haverá 4800 pulsos, então a cada 360 graus do eixo do transferidor tem-se 96000 pulsos, esse valor é utilizado para o cálculo da velocidade e do sincronismo. Na concepção inicial do projeto foi definido que não poderia existir uma defasagem maior que 360 graus entre as noreas, para isso a cada giro do disco do transferidor é necessário zerar os contadores com isso os contadores terão um acumulado máximo de 96000 pulsos.

Com relação ao modo de controle, foi definido que as duas noreas iriam variar sua posição para obter o sincronismo sempre buscando as referências definidas por cálculo, para isso houve a necessidade de desenvolver um sistema com 4 controladores PID, dois para cada norea, sendo um responsável por acelerar e outro por desacelerar mediante a necessidade de ajustar o sincronismo ou a velocidade. A Figura 8 mostra um exemplo de teste no Software MATLAB, através do *Simulink*, para a verificação do sincronismo e controle das noreas.

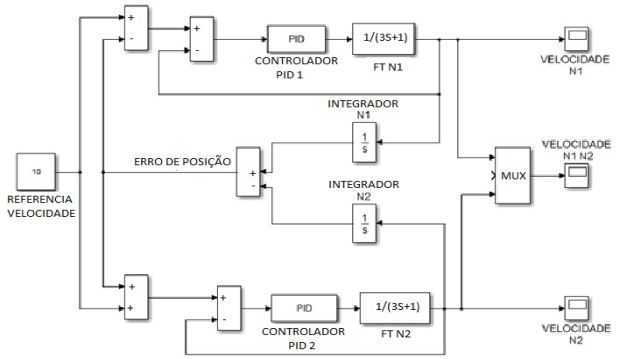

FIGURA 8
SIMULAÇÃO DO CONTROLE PID.

No fluxograma da Figura 8 pode-se ver que a referencia de velocidade é comum para as duas malhas de controle, para cada malha temos um controlador PID (isto na simulação na construção há 4 PIDs) e uma função de transferência referente a cada planta, tem-se também uma realimentação de posição, nesta realimentação, calcula-se o erro da posição entre as noreas, esse erro é somado com o erro da velocidade e então compensado para o valor de referencia definido.

Cada malha recebe o erro e ajusta sua saída buscando o erro nulo entre a posição e a velocidade de referência. Para isto, realiza-se três métodos:

- A primeira condição é quando nenhum contador atinge o valor máximo, então subtrai-se o valor dos contadores se o resultado for positivo a norea 1 está adiantada e se for negativo a norea 2 é a que está adiantada.
- A segunda é quando o primeiro contador atinge o valor máximo. Então soma-se o valor máximo (96000) com o acumulado do primeiro contador e subtrai-se do segundo.
- A terceira condição é quando o segundo contador atinge o valor máximo. Então subtrai-se o valor máximo do primeiro contador somando com o valor do segundo e multiplicando por menos um (-1) para finalizar.

O firmware é quem escolhe qual será o cálculo a ser realizado dependendo da posição angular física.

Dentro do firmware também há o sistema de auto ajuste. Ele é realizado através de uma lógica simples feita toda vez que se desacopla ou substitui-se o *encoder*. Para ocorrer o auto ajuste o operador deve habilitá-lo via IHM e então o CLP executa uma busca ao ponto zero do *encoder* e conta-se o intervalo do ponto do sensor indutivo e o ponto zero do *encoder*.

RESULTADOS

Após montagem, programação e parametrização foram realizados testes de comunicação entre os dispositivos, testes de ajustes de velocidade, teste de sincronismo e ajustes necessários para o funcionamento do protótipo.

Nos testes de velocidade foram variadas as velocidades da cada norea separadamente e comparado com as velocidades medidas e calculadas. Nos primeiros testes em determinado momento tinha-se um valor de velocidade calculado que não condizia com a real velocidade, pois como descrito anteriormente era executado apenas uma condição de cálculo sem considerar a passagem por zero do contador. Depois de analisar e programar a segunda condição de cálculo que considera a passagem por zero do contador, foi realizado um novo teste e obtido o resultado desejado.

Os testes de sincronismo foram os mais demorados e que consumiram o maior tempo de trabalho e de programação, a maior dificuldade deu-se pelo mesmo motivo do ajuste de velocidade, ou seja, pela passagem por zero dos contadores, mas agora com maior intensidade, pois o sincronismo leva em conta os dois contadores, ou seja a velocidade das duas noreas e o sincronismo entre elas, tornando o cálculo de ajuste angular mais árduos. Como descrito anteriormente para eliminar o erro foi abordado três cálculos em condições determinadas, com a implementação desses cálculos no programa foram obtidos os resultados desejados que podem ser observados no gráfico apresentado na Figura 9.

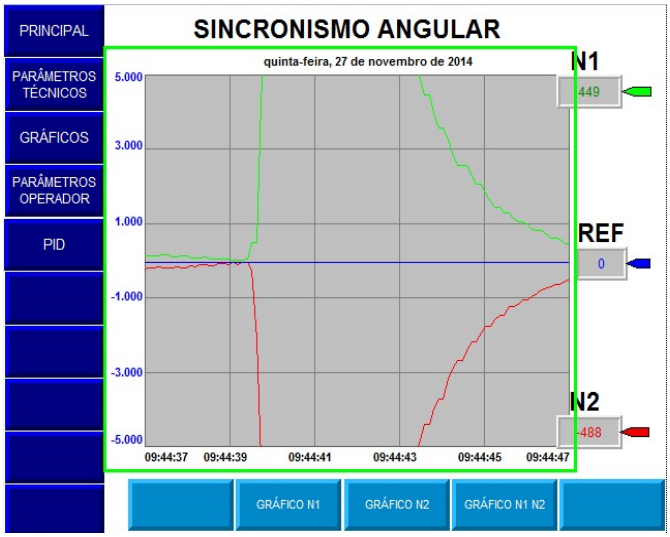

FIGURA 9

SINCRONISMO DAS NOREAS (TEMPO X PULSOS).

Neste gráfico a curva da cor vermelha pertence a norea 2 (N2) e a curva de cor verde a norea 1 (N1) e a referencia de velocidade está representada em azul (REF).

O protótipo montado para avaliação do sistema de controle está ilustrado na Figura 10 e Figura 11.

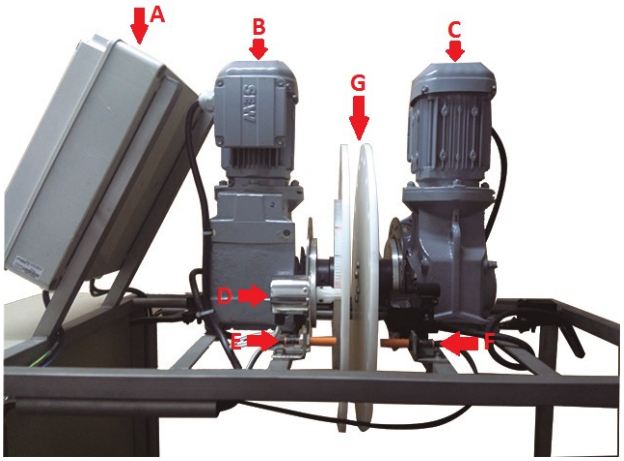

FIGURA 10

PROTÓTIPO CONSTRUÍDO. A) CAIXA CONTENDO A IHM. B) MOTOREDUTOR 1. C) MOTOREDUTOR 2. D) ENCODER 1. E) SENSOR INDUTIVO 1. F) SENSOR INDUTIVO 2. G) NOREAS SIMULADAS.

FIGURA 11

PAINEL ELÉTRICO DO PROTÓTIPO.

CONCLUSÃO

Finalizando o presente estudo, pode-se concluir que o sistema de sincronismo atendeu ao esperado pelo projeto. Pequenas falhas iniciais foram sanadas matematicamente através do Firmware do CLP.

O sistema obteve resposta positivas quando alocadas cargas nos eixos das noreas, priorizando o sincronismo e em seguida buscando a velocidade desejada. Após implantação no frigorífico o mesmo apresentou a solução desejada para o transporte de frangos e já está em pleno trabalho. Busca-se agora a instalação em todos os equipamentos da Fábrica e a continuação dos estudos e testes.

REFERÊNCIAS

[1] IFM, Sensores, "Sensores Indutivos IF5597", 2014, http://www.ifm.com/products/br/ds/IF5597.htm , acesso em 13 de agosto de 2014.

[2] Bradley, Allen, "Inversores PowerFlex® Série 750 Manual de Programação", 2014, http://literature.rockwellautomation.com, acesso em 13 de novembro de 2014.

[3] Bradley, Allen, "MicroLogix 1400", 2014, http://www.marketotomasyon.com , acesso em 13 de novembro de 2014.

[4] Hohner, Eletrônica, "Série 58 Encoder Incremental", 2014, http://admin.csprojetos.com.br/api/download/anexo.php?id=84, Acesso em 13 de agosto de 2014

[5] DUNN, William C., "Fundamentos de Instrumentação Industrial e Controle de Processos", Vol No 1, 2013,Bookman..