

SUBSTITUIÇÃO DE SINCRONISMO MECÂNICO POR SINCRONISMO ELETRÔNICO EM IMPRESSORA OFFSET DE CHAPAS METÁLICAS

CAMPOS, Cleomar Moreira de Paula¹
Centro Universitário Academia - UniAcademia
PICCININI, Marco Aurélio²
Centro Universitário Academia - UniAcademia

Linha de pesquisa: Automação Industrial

RESUMO

O objetivo do trabalho é descrever a substituição do conjunto de transmissão mecânica constituído de eixos, mancais, engrenagens e correntes por um sistema de sincronismo eletrônico em impressoras offset de chapas metálicas. O sistema eletrônico também conhecido como mestre escravo possui dois motores de corrente alternada sendo controlados por dois inversores de frequência. Os inversores recebem um sinal de referência que pode ser de 0 a 10 volts ou de 4 a 20 miliamperes (ma) vindo de um controlador lógico programável (CLP). O controlador lógico programável faz a leitura de posição dos dois encoders que são acoplados ao eixo principal da impressora. Através de uma lógica aritmética e de comparação programada no CLP, são tomadas decisões entre acelerar ou desacelerar os motores. O motor no eixo mestre possui a velocidade fixada pelo ajuste do operador da máquina e o motor escravo é controlado pelo CLP com objetivo de encontrar e manter o sincronismo de velocidade e posição entre as duas unidades impressoras.

Palavras chave: Impressora, transmissão mecânica, sincronismo eletrônico.

¹Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia - UniAcademia.

²Professor do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia - UniAcademia.

1 INTRODUÇÃO

Na indústria de embalagens o método de impressão utilizado é conhecido como Litografia. O termo litografia origina-se do grego onde Litos (pedra) e grafe (escrever). No processo usava-se uma pedra porosa, onde as letras ou figuras eram marcadas a lápis ou pincel, aplicava-se graxa ou óleo de linhaça sobre as imagens e depois se umedecia a pedra. A água aderiria às partes não cobertas pela graxa e óleo, protegendo essas partes de modo a impedir que a tinta se espalhasse por toda pedra quando aplicada. Em seguida colocavam-se folhas de papel sobre a pedra decalcando a imagem (impressão direta). Isso é possível porque a área de imagem é lipófila e possui afinidade com corpos gordurosos, a área sem imagem é hidrófila e possui afinidade com água.

Hoje em dia esse processo de impressão está deixando de ser usado devido às facilidades de impressão Offset, que é muito mais rápida e oferece melhor qualidade aos trabalhos. A impressão Offset originou-se da evolução do sistema de impressão litográfica, que foi desenvolvida por Alois Senefelder no ano de 1798, na cidade de Munique na Alemanha. Trata-se de uma evolução automatizada da impressão litográfica, porém com um fator diferenciado e importante, a impressão Offset é indireta. Na impressão litográfica, o papel recebe a imagem diretamente da pedra ou da chapa de zinco através de um cilindro de pressão. Na impressão Offset a imagem passa da forma de impressão para outro cilindro através de uma manta de borracha e posteriormente a imagem passa para o papel, tornando o processo indireto.

A impressão Offset é extremamente utilizada por apresentar inúmeras vantagens que nenhum outro tipo de máquina pode oferecer. A qualidade de impressão é superior aos outros métodos já que a tinta, quando aplicada, penetra no material. O sistema permite uma grande variedade de trabalhos personalizados e tintas com cores especiais, como exemplo o metálico e o fluorescente. O método Offset possibilita a impressão em um maior número de materiais e suporta grandes formatos de impressão. A velocidade de impressão é maior atingindo milhares de folhas por hora.

Em geral, a indústria gráfica de embalagens metálicas é um setor de atividade em desenvolvimento contínuo, na qual se introduzem melhorias diariamente objetivando aperfeiçoar a produtividade, aprimorando a definição da imagem impressa, e dando ao mercado um produto mais atraente no seu aspecto visual.

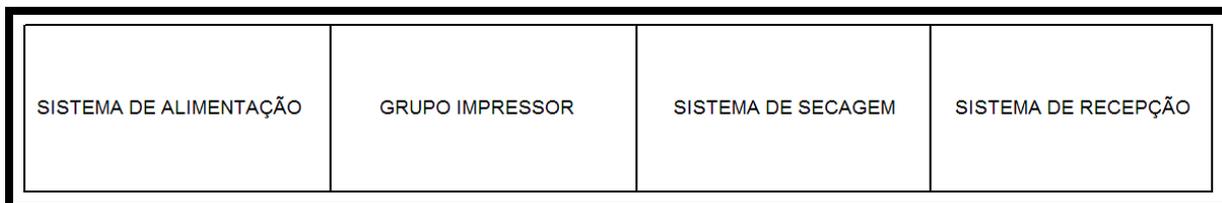
Quanto ao desenvolvimento produtivo, podemos mencionar as possibilidades de desenvolvimento tecnológico de maquinário com possibilidades de regular a espessura da camada de tinta e da pressão de rolos entre si e sobre a chapa de maneira mais afinada, máquinas com um número maior de cores possíveis para imprimir e máquinas automáticas mais velozes. Na última década a mudança mais importante notadamente na impressão Offset foi a substituição do processo fotográfico de câmeras de filme pelo sistema Computer-To-Plate (CTP). Mudança que se traduz numa redução significativa dos tempos de preparação das chapas e o fim do uso de produtos químicos e de filmes, bem como uma reprodução sem distorção ou ganho de ponto a partir do original para a chapa de impressão. No que diz respeito à proteção do meio ambiente, a mudança no uso de tintas à base de solventes para o de tintas à base de água foi a mais importante não só para os cuidados com o meio ambiente, mas também para a saúde dos operadores gráficos, severamente afetada no passado pelo contato com os solventes utilizados tanto no fabrico de tintas quanto na limpeza das impressoras.

O objetivo deste trabalho é projetar e implementar um sistema de acionamento eletrônico em substituição ao sistema de transmissão mecânico tendo como resultado esperado a diminuição do tempo de produção das folhas de flandres e dos eventos de manutenção corretiva.

2 - VISÃO GERAL SISTEMA OFFSET

O equipamento de impressão offset pode ser dividido em quatro partes básicas e montados na sequência conforme a figura 1. Primeiramente o sistema de alimentação, seguido do grupo impressor, depois vem o sistema de secagem e por fim o sistema de recepção.

Figura 1 – Componentes básicos de uma impressora offset

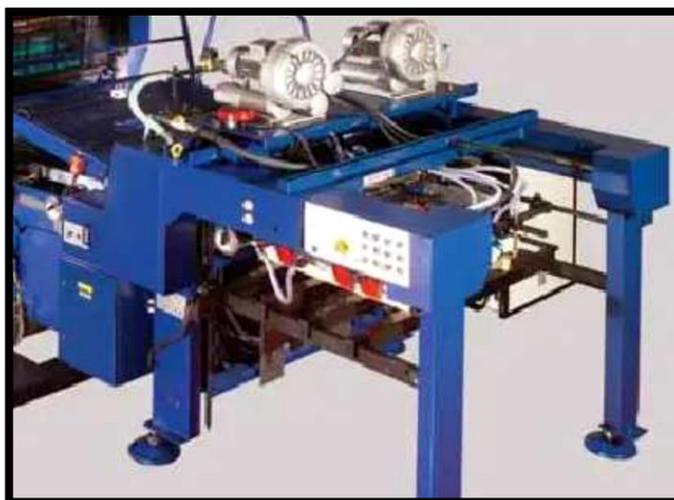


Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

2.1 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

O sistema de alimentação é o local onde as folhas que serão impressas ficam empilhadas e serão transportadas uma de cada vez por um sistema de geração a vácuo até a mesa de margeação. Para a separação das folhas empilhadas usa-se um soprador de ar comprimido que desprenderá as folhas coladas. (SENAI-SP, 2014). Na Figura 2 observa-se uma visão geral de um sistema de alimentação para uma impressora offset.

Figura 2 – Visão geral sistema de alimentação de uma impressora offset



Fonte: <[HTTPS://PT.SCRIBD.COM/DOCUMENT/47262342/MAQUINA-DE-PINTURA-EM-LATA](https://pt.scribd.com/document/47262342/maquina-de-pintura-em-lata)>.

Acesso em: 10 Set. 2021.

Na mesa tem-se a margeação frontal e lateral das folhas a serem impressas, ou seja, tem o objetivo fazer com que todas as folhas entrem exatamente na mesma

posição no grupo impressor para não ter variação no encaixe das cores e nem variação na hora do corte de acabamento. É composta basicamente por roldanas de entrada e esquadro frontal onde o mesmo será margeado frontalmente e por um esquadro lateral será realizada a margeação no sentido lateral. (SENAI-SP, 2014)

2.2- GRUPO IMPRESSOR

O grupo impressor é o local mais importante da impressora, é o local onde acontece a transferência da imagem para a folha a ser impressa. O grupo impressor pode ser subdividido em: Sistema de tintagem, sistema de molhagem e cilindros impressores.

O processo de impressão offset tem como características básicas o uso de tinta pastosa e gordurosa e uma solução de molhagem, que é uma combinação entre água e aditivos. O uso da solução de molhagem e da tinta pastosa gordurosa é necessário para que ocorra a distinção entre grafismo – área que contém imagem na forma – e contra grafismo – área que corresponde aos espaços sem imagem, no ato da impressão.

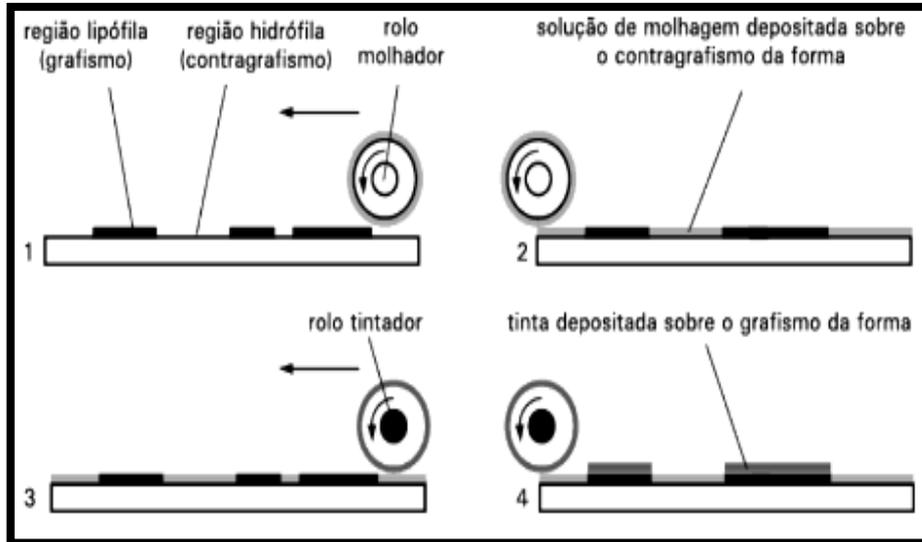
A região do contra grafismo na forma de impressão é hidrófila (tem afinidade com a água), retendo a água no ato da impressão, enquanto a região de grafismo é lipófila (tem afinidade com gordura), o que faz reter a tinta de composição gordurosa no ato da impressão.

No início do ciclo de impressão, o sistema de molhagem umedece, de modo uniforme, a superfície da forma. A região do contra grafismo, devido à sua característica hidrófila, retém a solução de molhagem, enquanto a região do grafismo expulsa.

Na continuidade do ciclo de impressão, o sistema de tintagem é encostado na forma onde a tinta é retida pela região do grafismo, devido à sua característica lipófila, definindo assim, a imagem a ser impressa. (SENAI-SP, 2014, p. 11)

Conforme a Figura 3 pode-se observar a região correspondente ao grafismo e contra grafismo.

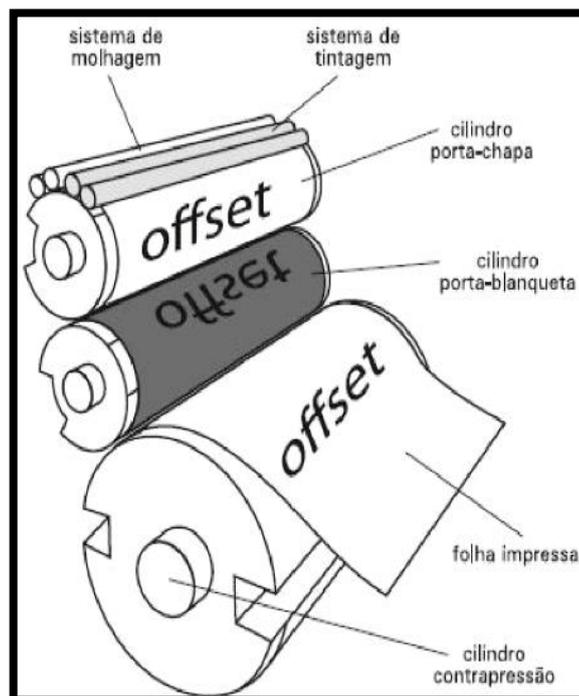
Figura 3 - Esquema básico de distinção entre grafismo e contra grafismo no ato da impressão



Fonte: SENAI-SP, 2014

Os cilindros impressores são três, cilindro de porta chapa, cilindro de blanqueta e o cilindro de contrapressão. Pode-se observar na Figura 4 o esquema de montagem dos cilindros.

Figura 4 - Diagrama básico de um conjunto impressor de uma máquina Offset



Fonte: SENAI-SP, 2014

O cilindro porta chapas é responsável pela acomodação da chapa onde está a matriz, sendo construído de aço ou ferro. As chapas são de alumínio e possuem cerca de 0,5 mm de espessura. Para a gravação da chapa de impressão, usa-se o fotolito (filme transparente, uma espécie de plástico feito de acetato), onde é fixado na chapa de alumínio em contato com uma camada fotossensível e aplica-se uma luz Ultravioleta intensa por cerca de dez minutos para que haja a gravação. Após a exposição à luz usam-se reagentes químicos que corroem a parte sensibilizada, depois a chapa é lavada com água para a retirada das sobras do processo e por fim aplica-se uma goma para proteger a camada gravada. (SENAI-SP, 2014)

No fim da década de 1990 o offset passou a contar com um aperfeiçoamento fundamental, máquinas dotadas de sistema CTPress (Computer topress) que permitem a entrada dos dados de arquivos digitais diretamente na impressora, onde era feita a gravação das chapas e dispensando fotolitos. O CTP utiliza um equipamento denominado *platesetter* de custo alto e que requer um software específico. (VILLAS-BOAS, 2010)

O cilindro da porta - blanqueta é feito de uma capa de borracha que envolve o cilindro intermediário entre a matriz e o suporte. A imagem que está na matriz (cilindro porta chapas) é transferida para o cilindro da blanqueta e depois para folha que será impressa. (VILLAS-BOAS, 2010)

O cilindro contrapressão é responsável por realizar a pressão necessária para transferência da imagem da blanqueta para a folha de flandres. No ato da impressão, a tinta que se encontra sobre a chapa é transferida para a blanqueta, e da última para a folha de flandres por meio de pressão exercida pelo cilindro de contrapressão. Pelo fato da tinta que está sobre a chapa não ser transferida diretamente para o substrato, o processo é considerado indireto. (SENAI-SP, 2014)

Embora possibilite uma excelente qualidade de impressão, o mecanismo do offset é na realidade frágil e instável. São necessários reajustes frequentes durante a impressão para manter níveis adequados de tinta e umidade, tanto para evitar falhas e borrões quanto para manter a maior uniformidade possível nos tons das cores ao longo da tiragem(VILLAS-BOAS, 2010)

2.3- SISTEMA DE SECAGEM

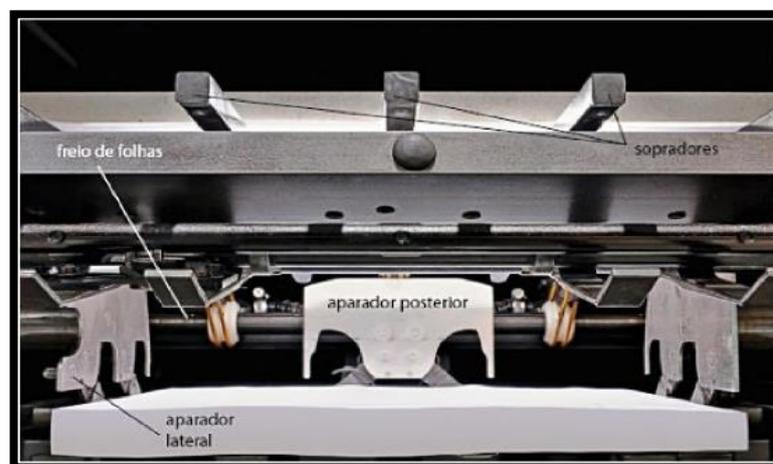
O processo utilizado para secagem é o sistema ultravioleta através de lâmpadas UV. A energia UV fornece fótons ao composto químico foto iniciador presente nas tintas, quebrando as suas ligações duplas e tornando-o eletronegativo. Para equilibrar suas cargas, o foto iniciador começa a “roubar” elétrons de outros compostos da tinta, iniciando a quebra entre as ligações dos monômeros e oligômeros que voltam a se combinar gerando os polímeros. (SENAI-SP, 2014)

As lâmpadas são constituídas por um bulbo de vidro contendo gases inertes tais como argônio, neônio e certa quantidade de halogênios (sais derivados da combinação dos elementos iodo ou bromo, ou cloro ou ástato, juntamente com mercúrio). Com a passagem de elétrons por meio do halogênio de mercúrio, forma-se um arco voltaico que gera a radiação UV. As lâmpadas mais utilizadas são as de média pressão, as quais apresentam alta durabilidade, ótimo desempenho de geração de radiação e baixo custo. Dessa forma, a lâmpada UVB é considerada ideal nas aplicações de secagem de tintas e vernizes para indústria gráfica. (SENAI-SP, 2014)

2.4- SISTEMAS DE RECEPÇÃO

É o local responsável por receber as folhas que foram impressas, devendo mantê-las empilhadas de forma alinhada. Na Figura 5 pode-se observar componentes no sistema de recepção de uma impressora offset.

Figura 5 – Componentes do conjunto de recepção



Fonte: (SENAI-SP, 2014)

Para auxiliar a caída da folha usam-se sopradores que são motores elétricos girando em alta velocidade gerando vento, a fim de amortecer a queda da folha sobre o empilhador. A descida do empilhador é feita por correntes movimentadas por um motor elétrico.

Os aparadores laterais e posteriores são ajustáveis e devem ser posicionados de forma que não haja deformação da folha durante o funcionamento da impressora. Alguns aparadores laterais possuem movimento vibratório para melhor acerto das folhas. (SENAI-SP, 2014)

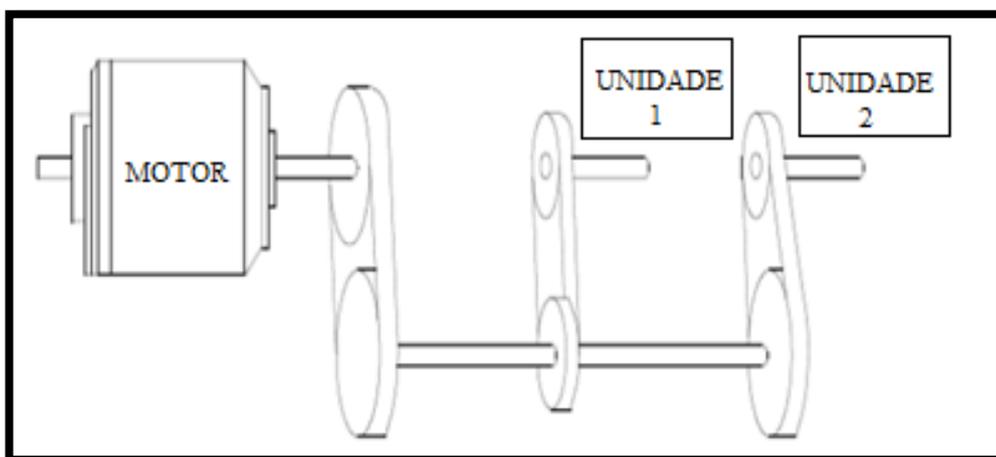
O aparador frontal permite o acesso do operador às folhas que estão na mesa de recepção. Assim, quando for necessário retirar alguma folha para análise durante a impressão, o operador abre o aparador frontal e retira. (SENAI-SP, 2014)

2.5- TRANSMISSÕES MECÂNICAS

No sistema de impressão offset cada unidade impressora somente trabalha com uma cor por vez, então quando se tem uma máquina de duas cores essa máquina é conhecida como impressora bicolor e logicamente possui duas unidades impressoras. Essas unidades devem ter um perfeito sincronismo para que as cores se encaixem perfeitamente e evite falhas no trabalho que está sendo impresso.

As máquinas antigas possuem apenas um motor elétrico para movimentar as duas unidades impressoras sendo que o sincronismo de posição e velocidade é feito por transmissões mecânicas como pode-se observar na Figura 6.

Figura 6 – Sincronismo mecânico entre duas unidades impressoras



Entre os principais componentes mecânicos que fazem parte desse sistema tem-se os eixos, mancais, buchas, engrenagens, acopladores teteflex, correias e polias.

Os eixos são elementos de construção mecânica, que se destinam a suportar outros elementos de construção (polias, engrenagens, rolamentos etc.), com a finalidade de transmitir movimento. (MELCONIAN, 2000)

Os mancais são elementos de máquinas para suporte de apoio de eixos e rolamentos que são elementos girantes de máquinas. A função dos mancais é minimizar o atrito e, portanto, aumentar o rendimento do sistema mecânico entre partes que se movem entre si. Os mancais se classificam em dois tipos, mancais de deslizamentos e mancais de rolamento. Os mancais de deslizamentos estão sujeitos às forças de atrito e tem como função servir de apoio e guia para eixos girantes. Os mancais de rolamento são empregados para comportar esferas ou rolos nos quais o eixo se apóia, de forma que quando o eixo gira as esferas ou rolos também giram confinados dentro do mancal. (ALESSANDRO DE FRANCESCHI, 2014)

As buchas podem ser cilíndricas ou cônicas. São utilizadas para se obter uma fixação segura e de fácil montagem e desmontagem em polias, engrenagens, eixos sem necessidade de rasgos e chavetas. (ALESSANDRO DE FRANCESCHI, 2014)

A engrenagem é uma peça de formato cilíndrica (engrenagem cilíndrica), cônico (engrenagem cônica) ou reto (cremalheira) dotada de dentadura externa ou inteira. Tem a finalidade de transmitir movimento sem deslizamento e potência, multiplicando os esforços com a finalidade de gerar trabalho. (MELCONIAN, 2000).

O teteflex consiste em dois flanges simétricos e inteiramente usinados, pinos de aço com superfícies retificadas e buchas amortecedoras de borracha nitrílica a prova de óleo fixado por anéis de aço. A principal função do teteflex é absorver vibrações e choques mecânicos sendo apta para trabalhar em altas e baixas velocidades. (MELCONIAN, 2000).

A transmissão de potência ou movimento entre os eixos motor e a parte movida da máquina é feito por correias e polias. A polia que transmite movimento e força corresponde à polia motora ou condutora. A polia que recebe movimento corresponde à polia movida ou conduzida. As correias mais utilizadas nesse tipo de transmissão

são as correias em V, produzidas com seção transversal em forma de trapézio feita de borracha revestida de lona.

3- AUTOMAÇÃO DO SISTEMA

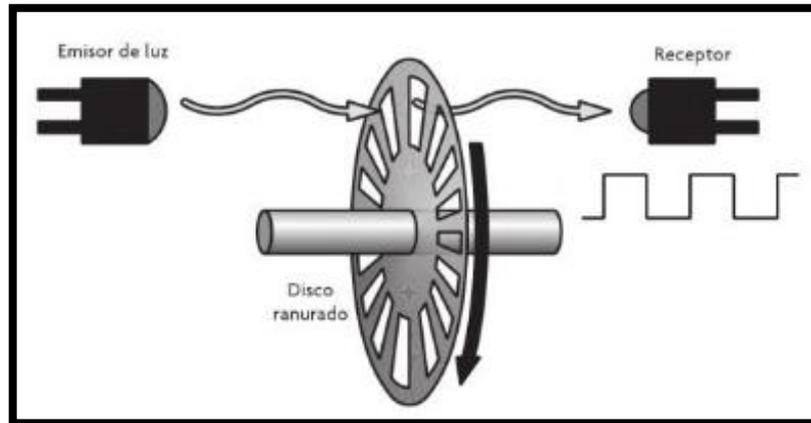
3.1- ENCODER

O deslocamento é uma das poucas grandezas físicas que pode ser representado por um valor digital sem o uso de um conversor analógico-digital. O encoder é um dispositivo que converte deslocamento linear ou angular em um trem de pulsos, sendo interpretado como um byte. Os encoders não são suscetíveis a interferência eletromagnética, e são, úteis para processamento de informações e exibição na medição e sistemas de controle. (SOLOMAN, 1999)

Os encoders possuem um eixo rotativo e são capazes de identificar o deslocamento exato e o sentido de giro de um motor. Ao conectar o encoder a um controlador, pode se ler a todo o momento a posição exata ou a velocidade de avanço de um elemento. (VILARDELL, 2013)

O tipo de construção mais comum de um encoder é baseado em funcionamento óptico. Esse é composto por um par de dispositivos opto eletrônicos, um dos quais é o emissor ou fonte de luz e o outro é o receptor. Entre o fotodiodo e o foto transistor do encoder óptico é colocado um disco fendido, mecanicamente acoplado ao eixo, constituído de n fendas transparentes. Desta forma quando o disco gira através do par emissor/receptor, um sinal alternado é produzido entre o receptor e o emissor, a frequência registrada por este sinal determina a velocidade do eixo. Assim, quanto maior for à frequência do sinal de saída, maior será a velocidade do eixo. (LEONEL G. CORONA RAMÍREZ, 2014). Na Figura 7 tem-se o exemplo do funcionamento de um encoder óptico.

Figura 7 – Exemplo funcionamento encoder óptico



Fonte: (LEONEL G. CORONA RAMÍREZ, 2014)

Existem dois tipos de encoder, o encoder incremental e o encoder absoluto. Os encoders incrementais indicam o deslocamento somente em relação a um ponto inicial de referência. Já os encoders absolutos medem o deslocamento em relação a um ponto de referência interno do dispositivo.

Encoder incremental, para esta configuração são necessários pelo menos dois pares de emissor / receptor, os canais devem estar defasados por certo número de ranhuras mais um quarto de ranhura. Assim, quando o eixo começa a girar no sentido horário o sinal gerado pelo primeiro par receptor/emissor estará um quarto à frente do sinal do segundo par emissor/receptor. Quando o eixo gira no sentido anti-horário, o sinal do segundo par receptor / emissor estará à frente dos primeiros três quartos. Neste tipo de encoder, uma ranhura adicional é normalmente incluída para indicar o momento em que o eixo deu uma volta completa, para auxiliar na busca por uma posição inicial caso haja queda de energia do sistema eletrônico. Da mesma forma também permite determinar a velocidade angular do eixo, sua posição e seu sentido de rotação. (LEONEL G. CORONA RAMÍREZ, 2014)

Encoder absoluto, o disco possui várias bandas dispostas de forma concêntrica, codificadas em código Gray. Nesse caso, cada banda corresponde a um par receptor/emissor. De acordo com a posição do disco no instante, os pares receptor/emissor ficarão em frente a um setor opaco ou transparente, que dará um código na saída. Assim, a forma como este código possui determinará a posição do

disco. Este tipo de encoder não utiliza o sistema binário para codificar as diferentes posições no sistema, isso tem uma desvantagem de que as mudanças entre uma posição e outra não são graduais. Por exemplo, considere que o encoder está na posição 0111 e depois na posição 1000, ou seja, todos os bits mudaram. Em sistemas de engenharia, para verificar se o sensor está funcionando corretamente, a mudança de estado dos sensores geralmente é monitorada. Mas os aumentos no sistema binário são mais difíceis de monitorar em comparação com os aumentos na codificação Gray, a criptografia tem a vantagem de que apenas um de seus bits muda de estado entre incrementos e incrementos. (LEONEL G. CORONA RAMÍREZ, 2014).

3.2- INVERSOR DE FREQUÊNCIA

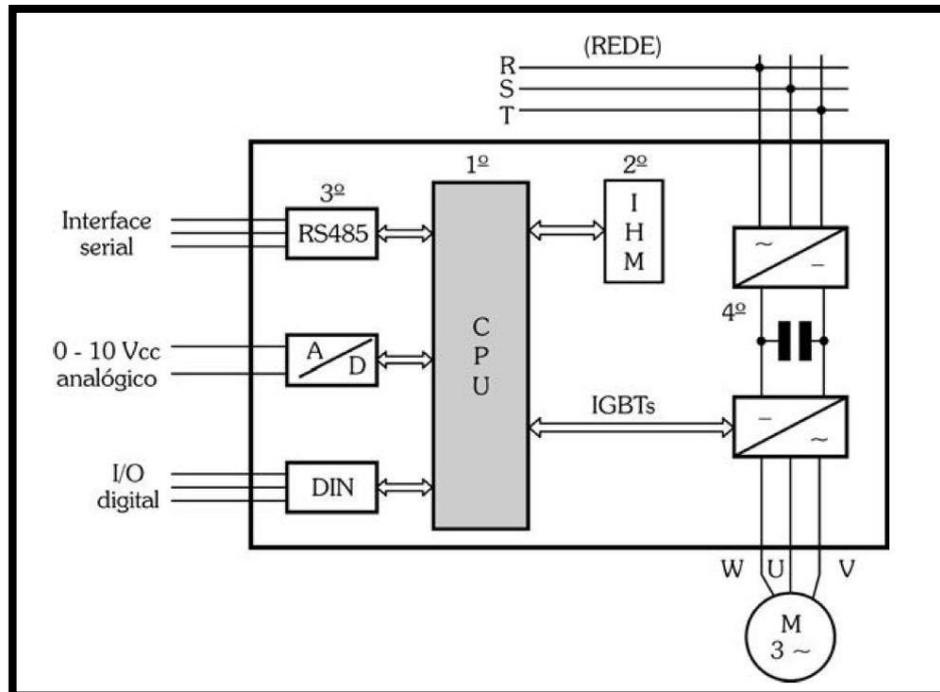
Os inversores de frequência são dispositivos eletrônicos de chaveamento de potência cuja função é controlar a velocidade de motores elétricos tipo gaiola, ou seja, motores elétricos de corrente alternada, trifásicos sem escovas. Seu princípio de funcionamento baseia-se no chaveamento de transistores ou IGBTs (semicondutor de potência) por modulação PWM - modulação por largura de pulso. Dessa forma o sistema eletrônico constrói a partir de uma tensão contínua (CC) uma corrente alternada trifásica, defasadas entre si em 120° , emulando perfeitamente a corrente elétrica alternada convencional. (M_CEZAR, 2018)

Na Figura 8 tem-se uma representação em blocos dos componentes dos inversores de frequência.

A CPU de um inversor de frequência pode ser formada por um microprocessador ou por um micro controlador. É na CPU que todas as informações (parâmetros e dados do sistema) estão armazenadas, visto que também uma memória está integrada a esse conjunto. A CPU não apenas armazena dados e parâmetros relativos ao equipamento, como também executa a função mais vital para o funcionamento do inversor: Geração dos pulsos de disparo por meio de uma lógica de controle coerente para os IGBTs. (FRANCHI, 2014)

Os inversores podem ser comandados por sinais analógicos, digitais ou seriais. Normalmente, para controle da velocidade de rotação de um motor CA no inversor, usa-se uma tensão analógica de comando que situa de 0 a 10 Vcc. A velocidade de rotação é proporcional ao seu valor. (FRANCHI, 2014)

Figura 8 – Blocos dos componentes do inversor de frequência



Fonte: (FRANCHI, 2014)

A IHM (Interface Homem Máquina) possui um display alfanumérico que é responsável por enviar e receber as informações de como o inversor deverá funcionar. A IHM é dotada de botões de forma que o operador pode inserir ou digitar os valores de parametrização do equipamento, como frequência máxima, frequência mínima, valores de rampa de aceleração e desaceleração, limites de corrente de carga, além de permitir o controle do equipamento, ligar/desligar, acelerar, inverter a rotação etc. (M_CEZAR, 2018)

Os retificadores são responsáveis pela retificação do sinal alternado que possui tensão e frequência constantes provenientes da rede de alimentação. Na rede de entrada, a frequência é fixa em 60 Hz, sendo transformada pelo retificador em contínua (retificador de onda completa).

Os módulos IGBTs são responsáveis pela transformação dos sinais elétricos CC (corrente contínua) provenientes dos retificadores em sinais CA (Corrente alternada), que servirão de fonte de tensão e corrente para os motores ligados na saída do dispositivo. Possuem circuitos de medição de tensão e corrente que informam à CPU (Central Processing Unit) o estado da carga ligada ao inversor. A

CPU pode identificar se o motor está operando normalmente ou se está sobrecarregado, interagindo no caso de uma falha, funcionando como um disjuntor eletrônico. É possível também calcular os valores de potências ativa, reativa e aparente da carga, disponibilizando esses dados para visualização e transmissão pela interface de operação e controle. (M_CEZAR, 2018)

3.3- CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O controlador lógico programável (CLP) é um equipamento eletrônico que usa memória programável para armazenar instruções e implementar funções de lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritméticas para o controle de máquinas e processos. (RODRIGUES, 2016)

Dispositivos de entrada como chaves e dispositivos de saída como motores, por exemplo, são controlados e conectados no CLP. O controlador monitora entradas e saídas de acordo com o programa que o operador armazenou no CLP para controlar as máquinas ou processos. (RODRIGUES, 2016)

Os CLPs foram projetados para substituir os sistemas que usavam relés interconectados e sistema de controle lógico de temporização. Uma grande vantagem dos CLPs é a possibilidade de modificar o sistema de controle sem necessidade de refazer as conexões nos dispositivos de entrada e saída. (RODRIGUES, 2016)

Os CLPs têm diversas semelhanças com os computadores, mas certas características são específicas do seu uso como controladores:

- São robustos e projetados para aguentar vibrações, ruído, temperaturas e umidade;
- São facilmente programáveis.

A programação ladder é o tipo mais comum, foi a primeira linguagem utilizada pelos fabricantes e é a mais aceita pelos programadores de CLP por ser semelhante ao diagrama de comando elétrico. A instrução de entrada ou de saída do CLP é associada a um endereço que indica a localização na memória do equipamento. Cada símbolo do diagrama ladder é associado a um operando, identificado por letras e números ou por nome. Isso difere dependendo do fabricante do CLP e está de acordo com a norma IEC 61131-3. (SILVA, 2018)

A estrutura interna básica de um CLP é formada essencialmente por uma unidade central de processamento (CPU), memória e interfaces de entrada / saída. Todos os processos e controles da CPU são internos ao CLP. Ele possui um clock com uma frequência típica entre 1 e 8 MHz que determina a velocidade de operação do CLP e fornece a temporização e sincronismo para todos os dispositivos do sistema. (RODRIGUES, 2016)

A unidade de entrada e saída (I/O) é composta por elementos que garantem o diálogo entre o CLP e os sinais de entrada e saída do sistema. A unidade de entrada age sobre os sinais dos dispositivos de aquisição de dados para torná-los compatíveis com a CPU do controlador, enquanto que a unidade de saída opera os sinais emitidos pela CPU para que sejam compreendidos pelos dispositivos acionadores do processo. (QUESADA, 2017).

O módulo contador de alta velocidade é utilizado para prover uma interface para aplicações que exigem contagem rápida que ultrapassa a capacidade do programa ladder do CLP. Pode ser utilizado também para contar pulsos dos sensores, encoders e chaves que funcionam em velocidade muito alta. Ele possui o circuito eletrônico necessário para a contagem independente do processador. Uma taxa de contagem rápida válida é da ordem de 0 a 100 kHz o que significa que o módulo pode contar 100.000 pulsos por segundo. (PETRUZELLA, 2014)

Os dispositivos analógicos representam grandezas físicas que contém um número infinito de valores. Saídas analógicas típicas variam de 0 a 20 mA ou 0 a 10V. O módulo analógico normalmente tem múltiplos canais de entrada que permitem que 4, 8 ou 16 dispositivos possam ser interconectados ao CLP, como por exemplo, o inversor de frequência. (PETRUZELLA, 2014). Na Figura 9 tem se exemplos de controladores lógicos programáveis.

Figura 9 – Controladores Programáveis

Fonte: (PETRUZELLA, 2014)

4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será apresentado a aplicação do projeto e os procedimentos realizados para a substituição do sistema de sincronismo mecânico por um sistema eletrônico. O projeto foi executado em uma empresa de embalagens metálicas instalada na região da zona da mata em Minas Gerais. A substituição do sistema de sincronismo aconteceu em uma máquina de impressão de duas cores fabricada no ano de 1983 de modelo Crabtree Marquess da empresa Crabtree of Gateshead situada na Inglaterra.

4.1 SOLUÇÃO PROPOSTA

Substituir o sistema de transmissão e velocidade mecânico por acionamento eletrônico, conhecido como mestre escravo ou sincronismo eletrônico, com objetivo de reduzir os índices de manutenção e por consequência aumentar a eficácia de produção da máquina.

O sistema mestre escravo é composto por motores acoplados diretamente no eixo das unidades impressoras, utilizando inversores de frequência para controle da velocidade dos motores, encoder para realimentação de posição e velocidade e um

controlador lógico programável (CLP) usado para tomar decisões entre aumentar ou diminuir a referência nos inversores de frequência.

4.2 SISTEMA MESTRE ESCRAVO ELETRÔNICO

A impressora que foi proposta a solução apresentava uma tecnologia muito defasada para os dias atuais onde todo seu sincronismo era feito mecanicamente. Como as peças já estavam bastante desgastadas o índice de manutenção era alto, as peças quebravam constantemente. Algumas peças eram muito específicas e por ser uma máquina importada e não ter nenhum tipo de contrato para a manutenção havia a necessidade de ter um grande estoque de peças ou até mesmo fazer usinagem de peças para a reposição. Era necessário um tempo maior para a execução da manutenção o que gerava uma perda de eficácia na produção da máquina. A fim de evitar quebra das peças, a velocidade da máquina era ajustada para uma velocidade menor o que também diminuía produção. Devido ao desgaste e folga de algumas peças mecânicas da máquina, a qualidade de impressão já não apresentava os melhores padrões.

Era necessário aumentar a produção e diminuir o tempo de paradas para a manutenção. Pensando nisso foi realizado um estudo chegando à conclusão de que a substituição do sincronismo mecânico por um sincronismo eletrônico utilizando encoder seria suficiente para resolver todos os problemas da máquina. A máquina teria um aumento na velocidade e uma diminuição no tempo de parada em decorrência um aumento no volume de produção. A qualidade de impressão da máquina também passaria a ser melhor, já que a maioria das peças mecânicas que apresentavam folgas seriam eliminadas.

Com a execução do projeto autorizada, o primeiro passo foi começar a fazer o projeto elétrico e o levantamento do material a ser utilizado na automação da máquina. O painel instalado na máquina era muito antigo e modificado onde o diagrama elétrico já não correspondia à realidade, por isso um novo painel seria montado. O painel proposto foi um armário modular com duas portas apresentando dimensões de 1800x1600x600 mm que será responsável por armazenar todos os componentes necessários para o funcionamento da linha de produção. Os componentes e equipamentos que seriam utilizados para a automação foram solicitados junto ao setor

de compras da empresa, entre os principais componentes pode se citar o CLP, inversores de frequência, encoders, relê, contatores, disjuntores. Após adquirir todos os componentes a montagem do novo painel foi executada.

Para a lógica de funcionamento da máquina utilizou-se um controlador lógico programável (CLP) da Mitsubishi de série Q modelo CPUQ02, na Figura 10 pode-se observar uma foto de como ficou a ligação e fixação do CLP no painel.

Figura 10 – Instalação e ligação do CLP



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Na Figura 11 observa-se a ligação e fixação do inversor de frequência fabricado pela ABB de 15 cavalos utilizado para controlar a velocidade do motor da unidade 1.

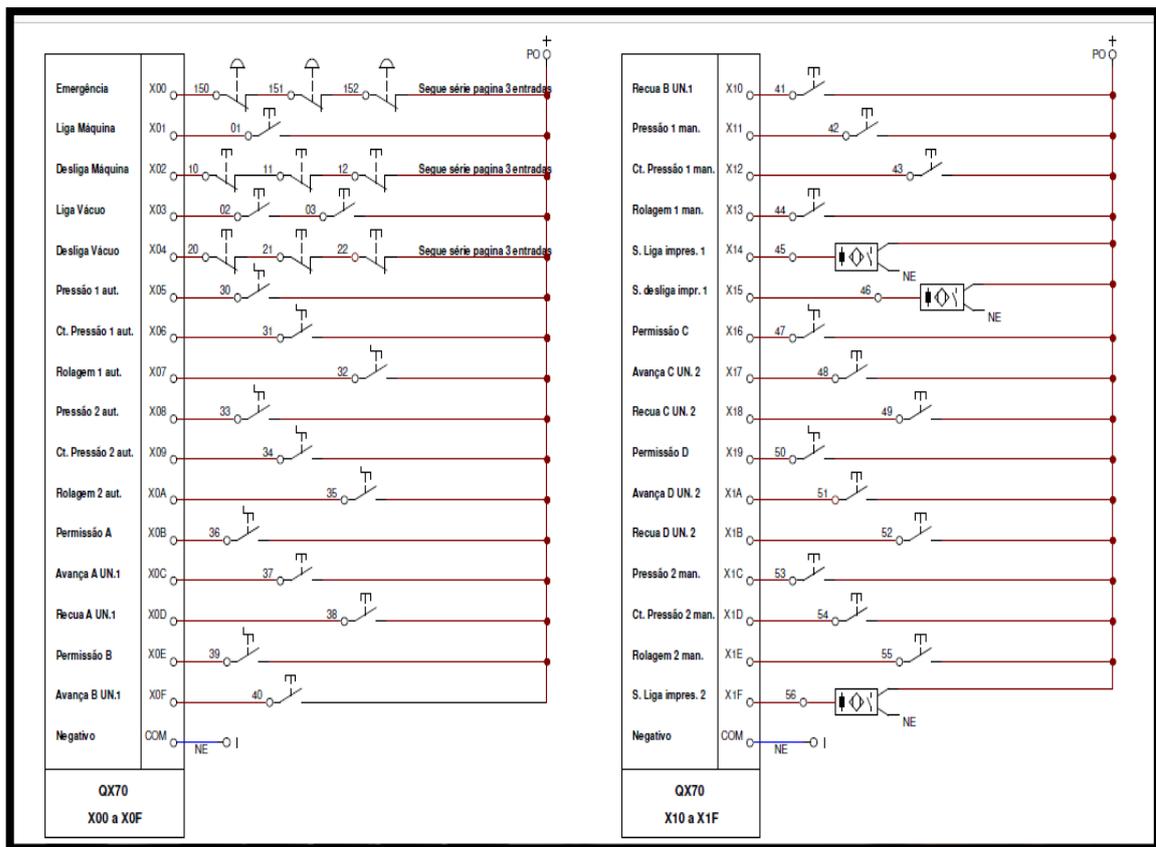
Figura 11 – Fixação e ligação do inversor de frequência



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

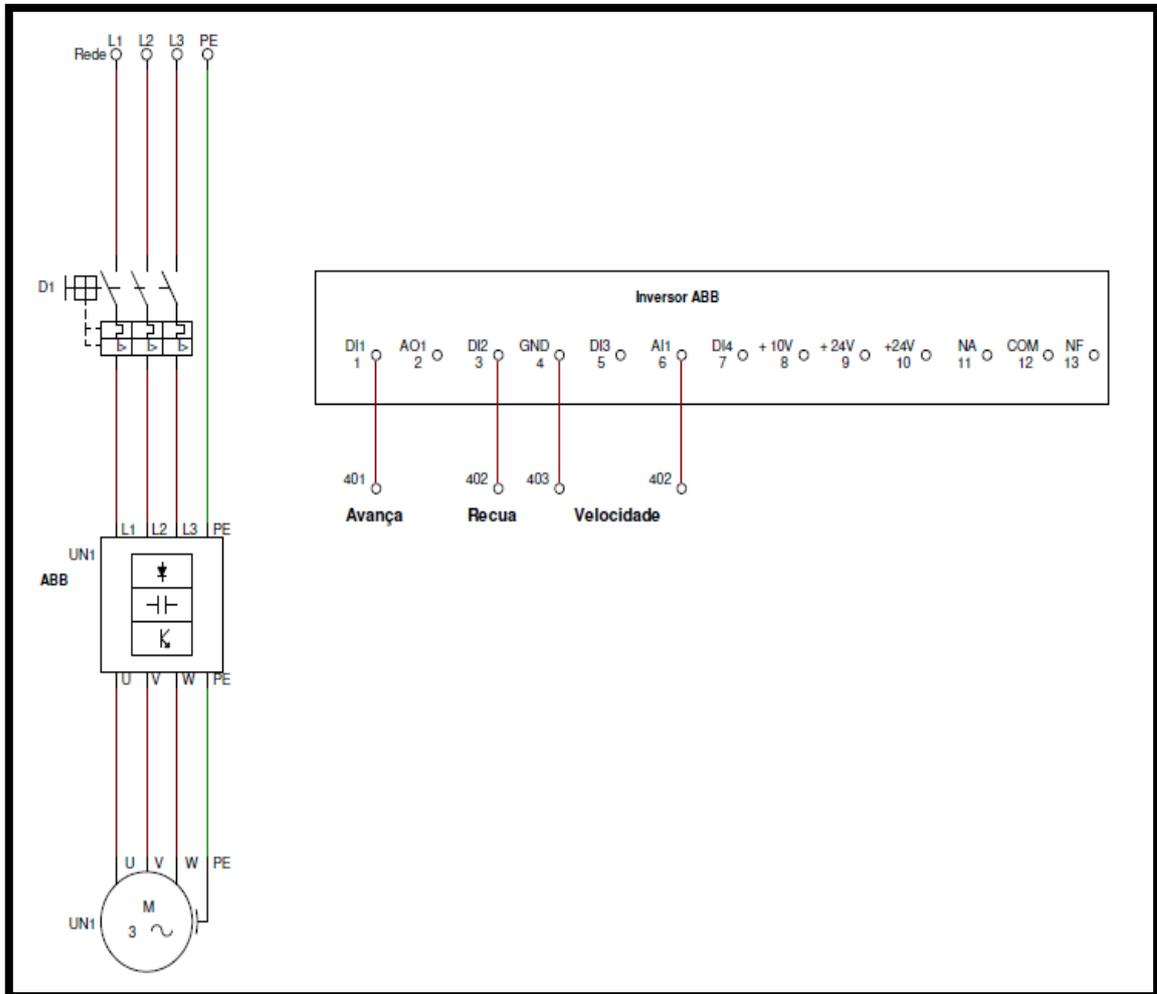
Para a correta ligação de todos os componentes elétricos e eletrônicos, como por exemplo, os citados nas Figuras 10 e 11, foi utilizado o diagrama elétrico da Figura 12 onde traz partes do esquema utilizado para a ligação das entradas do CLP.

Figura 12 – Ligação das entradas do CLP



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

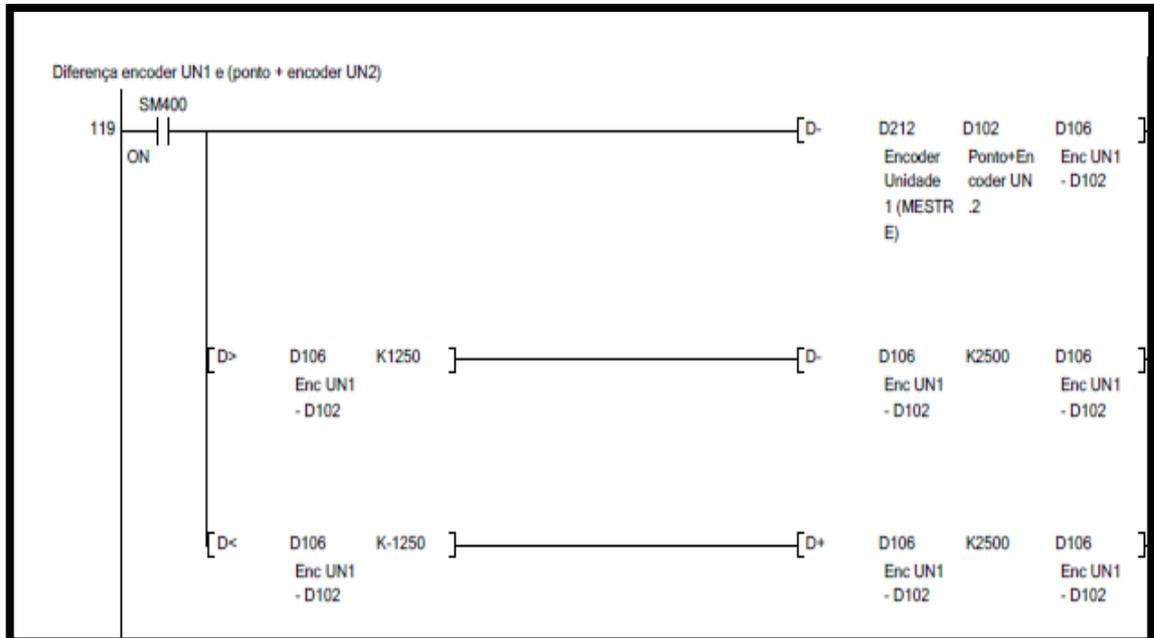
Na Figura 13 pode se observar o diagrama para ligação do inversor de frequência.

Figura 13 – Diagrama de ligação do inversor de frequência


Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Depois que todos os componentes já estavam fixados e ligados dentro dos painéis iniciou-se a programação no CLP, essa programação foi executada em lógica ladder. Na Figura 14 tem-se um exemplo da lógica ladder utilizada para comparar a diferença de posição do encoder instalado na unidade de impressão 1 com o encoder instalado na unidade de impressão 2.

Figura 14 – Lógica de programação do CLP



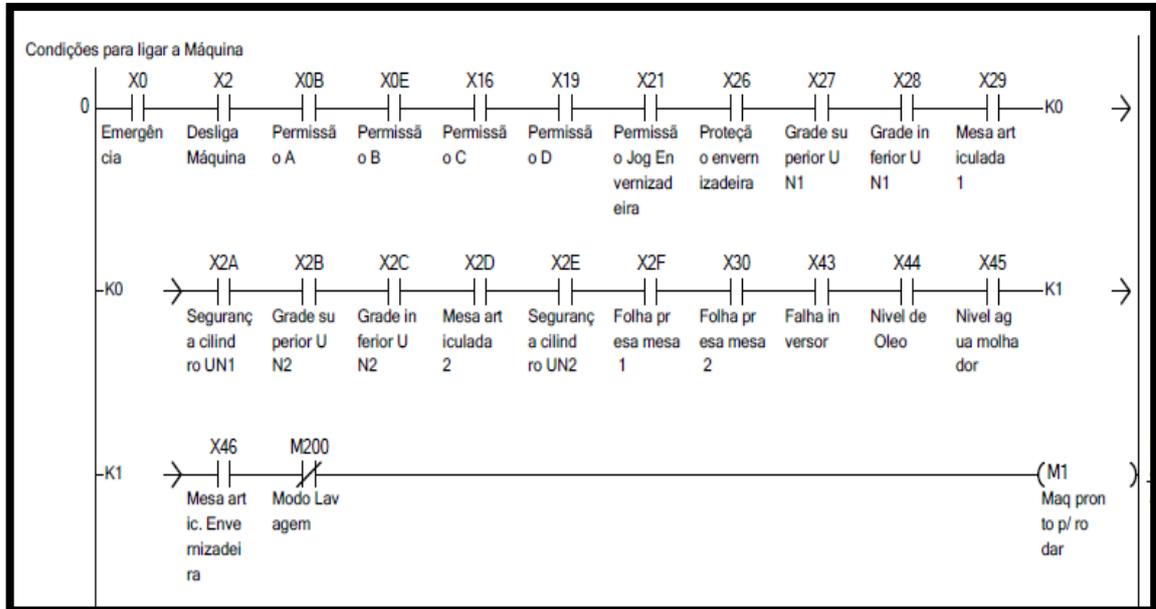
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

No programa ladder mostrado na figura 14, na primeira linha o CLP faz uma subtração entre a posição do encoder mestre (D212) com encoder escravo (D102) e resultado é armazenado em um registrador de memória denominado D106. A segunda e terceira linha do programa é utilizada para saber se a subtração entre o encoder mestre e escravo está maior ou menor que 1250. É necessário ter o conhecimento sobre a diferença da subtração entre os encoders, isso porque o CLP deverá tomar a decisão entre aumentar ou diminuir a velocidade do motor escravo. O valor 1250 se explica porque essa é a metade da resolução do encoder que foi utilizado no projeto.

Na figura 15 observa-se um exemplo da programação ladder para condições de partida da máquina como, por exemplo, o botão de emergência e grades de segurança.

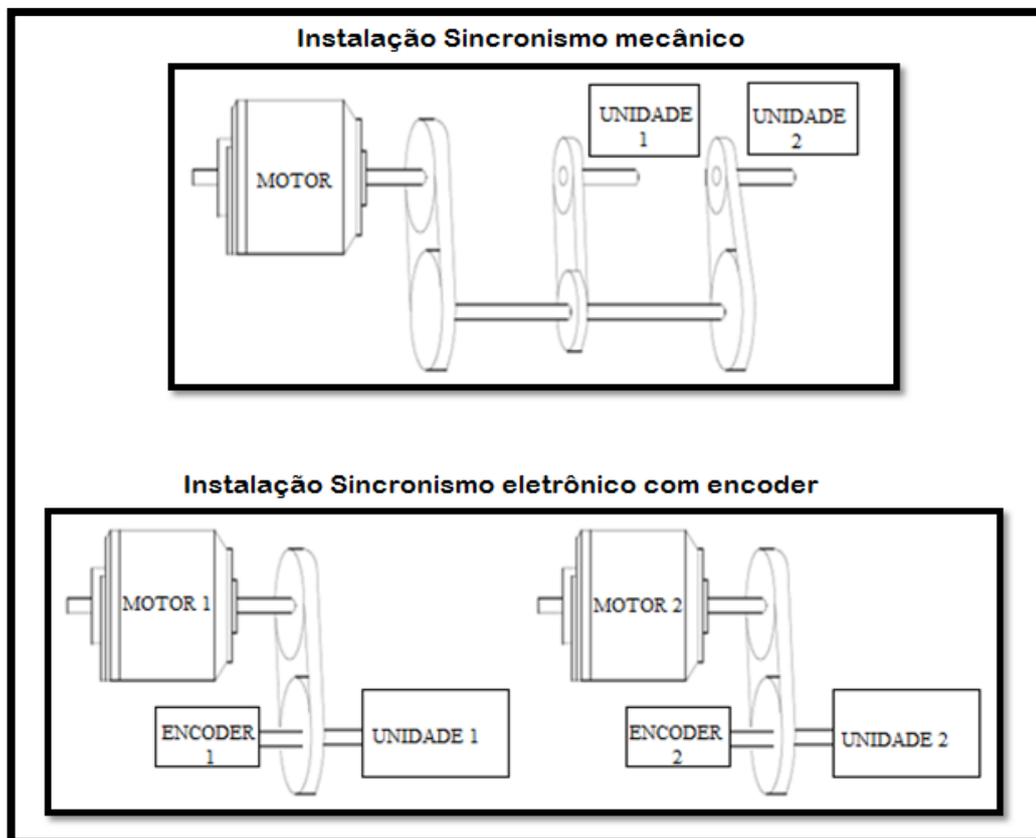
Com a finalização da montagem do painel elétrico e a automatização do processo, iniciou-se a substituição do sistema de sincronismo mecânico pelo eletrônico. Na Figura 16 observa-se o exemplo a instalação da máquina de como era utilizando o sincronismo mecânico e o exemplo de como a instalação da máquina deverá ficar após a instalação do sincronismo eletrônico.

Figura 15 – Programação ladder para segurança da máquina



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Figura 16 – Instalação do sincronismo mecânico e eletrônico



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A primeira tarefa para a substituição do sistema de sincronismo foi a eliminação das peças mecânicas que não serão mais utilizadas. Entre a principal substituição pode se citar o eixo que interligava a unidade 1 com a unidade 2. Na figura 17 observa-se uma foto do eixo que interligava as máquinas e foi retirado já que no sistema de sincronismo eletrônico esse eixo não é mais necessário.

Figura 17 – Eixos utilizados no sincronismo mecânico



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A figura 18 é a foto do motor que era utilizado no sincronismo mecânico, este era um motor que variava a velocidade através de um sistema de corrente contínua e também será substituído por motor de corrente alternada para o controle de velocidade através do inversor de frequência.

Figura 18 – Motor Varimot



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Depois que todas as peças que não seriam mais utilizadas no novo sistema de sincronismo foram retiradas, iniciou o processo de adaptação e fixação dos novos componentes, entre eles os dois motores trifásicos WEG de 15 cavalos. A figura 19 mostra a foto de como ficou a adaptação do motor utilizado agora no sistema de sincronismo eletrônico.

Figura 19 – Fixação motor trifásico 15 cavalos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Outra mudança importante no novo sistema foi a fixação do encoder junto ao eixo principal das unidades de impressão. Na figura 20 pode-se observar como ficou a fixação do encoder.

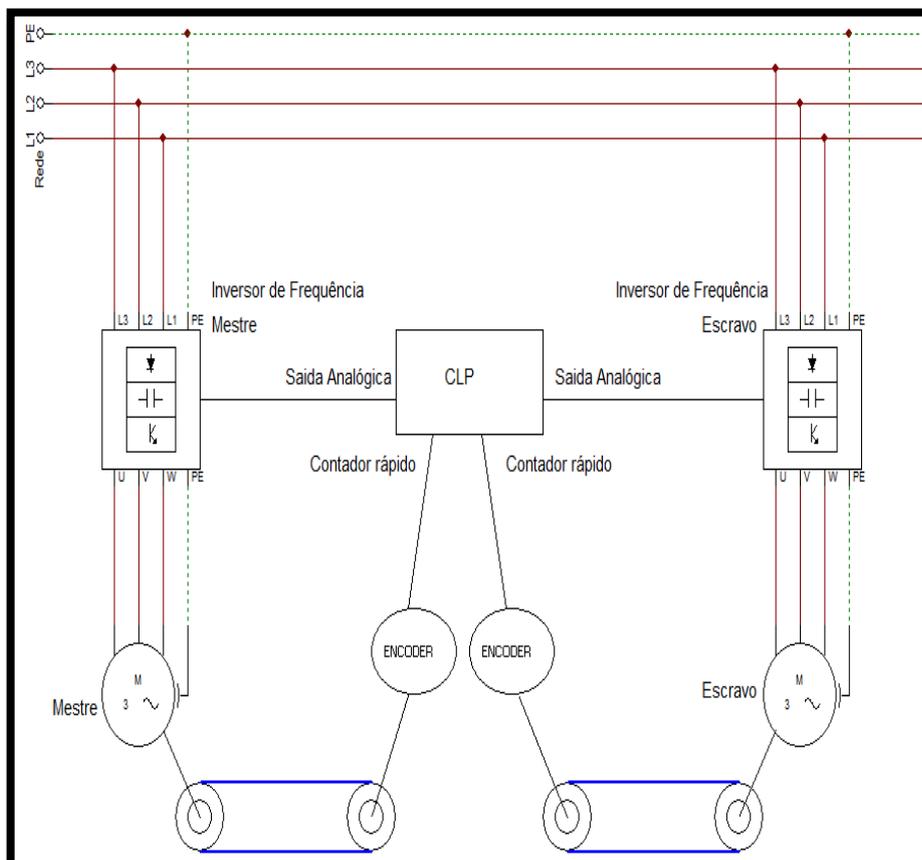
Após toda a substituição e adaptação dos componentes para a utilização do sistema de sincronismo eletrônico, o painel elétrico também foi fixado e foi iniciada a ligação dos componentes com o painel. Na figura 21 tem se um diagrama de como será a interligação de todo o sistema do sincronismo eletrônico.

Figura 20 – Fixação do encoder no eixo principal da unidade de impressão



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Figura 21 – Sincronismo eletrônico



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

No sincronismo eletrônico quando o eixo da máquina gira, o encoder também gira. De acordo com a resolução de pulsos do encoder tem-se a precisão de posição em graus do eixo da máquina. Como exemplo um encoder de 2500 pulsos tem a precisão de $360^\circ / 2500 \text{ pulsos} = 0,144^\circ$.

Os pulsos gerados pelo encoder são enviados a um cartão de entrada rápida do controlador lógico programável (CLP). O CLP através da sua CPU compara a leitura do encoder da unidade 1 (mestre) com encoder da unidade 2 (escravo) e, baseado na posição de cada encoder, toma decisões entre aumentar ou diminuir a referência no inversor de frequência escravo. As decisões do CLP são baseadas em suas funções internas de comparação e cálculos aritméticos. Depois que o CLP executa suas funções internas o resultado é enviado ao cartão analógico acoplado ao mesmo. Os sinais de saída do cartão analógico variam de 0 a 10 VCC e são enviados ao inversor de frequência. O inversor de frequência utiliza o sinal do cartão analógico como referência para controlar a velocidade dos motores. Por exemplo, o inversor parametrizado com frequência máxima de 66 Hz ao receber um sinal de 10 VCC vindo do cartão analógico irá girar o motor com frequência de 66 Hz, se o inversor receber um sinal de 5 VCC o motor irá girar com frequência de 33 Hz. O sinal de referência que irá comandar o inversor mestre não se altera, essa referência é a velocidade de trabalho a qual o operador da máquina escolheu para produção.

5 CONCLUSÃO

Como a máquina era antiga muitos dos conjuntos mecânicos que foram eliminados já apresentavam desgastes e empenos o que ocasionava muitas quebras mecânicas. Com o sincronismo eletrônico as partes mecânicas da máquina não apresentaram mais folgas e desgastes isso fez com que a qualidade de impressão melhorasse. O nível de ruído da máquina diminuiu muito já que muitos conjuntos de engrenagens, correntes e eixos foram eliminados.

A falta de diagramas do painel elétrico gerava muita perda de tempo para retirada de defeitos e a maior parte deles era em decorrência de mau contato por devido a componentes muito antigos que foram todos substituídos. Os variadores de velocidade do motor de corrente contínua que foi eliminado também apresentava muitos defeitos elétricos.

A velocidade média da máquina aumentou de 3200 folhas/hora para 4000 folhas/hora, isso se explica porque agora não é mais necessário abaixar a velocidade para evitar quebras. O índice de parada para a manutenção caiu para praticamente zero e o tempo de setup da máquina diminuiu porque agora as unidades de impressão se movimentam independentemente, o que faz com que dois operadores de máquinas possam trabalhar simultaneamente.

Foram gastos na máquina cerca de R\$ 250.000,00 entre mão de obra tempo de projeto e equipamentos. Uma máquina nova desse porte hoje em dia custa cerca de R\$ 3.500.000,00.

Diante dos resultados encontrados concluiu-se que o projeto é viável por apresentar um ganho na produção e por atualizar a tecnologia da máquina proporcionando uma simplicidade na sua manutenção.

ABSTRACT

The objective of the work is to describe the replacement of the mechanical transmission set consisting of shafts, bearings, gears and chains by an electronic synchronism system in sheet metal offset printers. The electronic system also known as master slave has two alternating current motors being controlled by two frequency inverters. The inverters receive a reference signal that can be 0 to 10 volts or 4 to 20 milliamperes (ma) from a programmable logic controller (PLC). The programmable logic controller reads the position of the two encoders that are coupled to the printer's main axis. Through an arithmetic and comparison logic programmed into the PLC, decisions are made between accelerating or decelerating the motors. The motor on the master axis has the speed fixed by the adjustment of the machine operator and the slave motor is controlled by the PLC in order to find and maintain the speed and position synchronism between the two printing units.

Keywords: Printer, mechanical transmission, electronic timing.

REFERÊNCIAS

- ALESSANDRO DE FRANCESCHI, M. G. A. **Elemento de Máquinas**. Colégio Técnico Industrial de Santa Maria - CTISM. Santa Rita - RS. 2014.
- FRANCHI, C. M. **Inversores de frequência teoria e aplicação**. 2ª Edição. ed. São Paulo - SP: Érica Ltda, 2014.
- LEONEL G. CORONA RAMÍREZ, G. S. A. J. J. M. C. **Sensores y actuadores aplicaciones con Arduino**. 1ª Edição. ed. San Juan Tihuaca Azcapotzalco, México: Grupo Editorial Patria, 2014.
- M_CEZAR. **Introdução aos inversores de frequência**. Engelogic automação e controle industrial Ltda. Londrina - PR. 2018.
- MELCONIAN, S. **Elemento de Máquina**. 10ª Edição. ed. Brasil: Erica, 2000.
- PETRUZELLA, F. D. **Controladores Lógicos Programáveis**. 4ª Edição. ed. [S.I.]: AMGH Editora Ltda, 2014.
- QUESADA, R. C. **Controle e automação de processos industriais**. Londrina - PR - Brasil: Educacional S A., 2017.
- RODRIGUES, R. **Controle e Automação da Produção**. Porto Alegre: Sagah, 2016.
- SENAI-SP. **Impressão offset Máquina alimentada a folha**. 1ª Edição. ed. São Paulo - SP: SENAI-SP Editora, 2014. 256 p.
- SILVA, E. A. D. **Introdução às linguagens de programação para CLP**. 1ª Edição. ed. São Paulo - SP - Brasil: Edgard BlucherLtda, 2018.
- SOLOMAN, S. **Sensors Handbook**. 2ª Edição. ed. EUA: Mc Graw Hill, 1999.
- VILARDELL, E. N. **Mantenimiento industrial práctico**. [S.I.]: Fidestec, 2013.
- VILLAS-BOAS, A. **Produção gráfica para designers**. 3ª Edição. ed. Teresópolis RJ: 2AB, 2010.