



AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL APLICADA A INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Bruno Teixeira Pereira, brunno.pereira@hotmail.com¹

Uarnei Souza dos Santos, warneisouza@hotmail.com²

Michel Thompsom Ferreira Santiago, michell.thompsom@gmail.com³

¹Faculdade Metropolitana de Camaçari – FAMEC,

²Universidade de Salvador – UNIFACS,

³Faculdade Metropolitana de Camaçari – FAMEC

Resumo: *A partir das diversas soluções que podem ser apresentadas pela automação, o setor automobilístico tem se beneficiado significativamente em seus produtos, assim como as ferramentas para o desenvolvimento do mesmo. Portanto este estudo tem como objetivo apresentar a solução dada para o desalinhamento do furo do horizontal deck, local onde é feita a colocação do parafuso de fixação do amortecedor traseiro do modelo da empresa, ano 2017. Nesta aplicação foram utilizados materiais disponíveis no estoque da empresa além de um controlador lógico programável, com linguagem de programação Ladder, que encontrava-se utilizado no processo de fabricação dos veículos. O dispositivo concebido tem a capacidade de reabrir o furo desalinhado durante o processo de montagem da carroceria, o qual era resolvido anteriormente utilizando recursos manuais, com possíveis erros na colocação do parafuso de fixação do amortecedor, gerando retrabalho e consequentemente um maior custo de mão de obra. Neste caso, o projeto apresentado verificou nitidamente a contribuição não apenas financeira, mas também a questão de segurança e confiabilidade do equipamento.*

Palavras-chaves: *Automação, Furo do horizontal deck, Controlador Lógico Programável, Custo.*

1. INTRODUÇÃO

A automação é uma área de conhecimento humano que possibilita soluções para seus problemas. Com ela é possível utilizar comandos programados para operar um dado processo e determinar funções a serem executados de maneira correta, sem a necessidade de intervenção humana. Trata-se de um sistema dinâmico capaz de simplificar tarefas de uma atividade intensiva, reduzir forças de mão de obra ou minimizar a geração de resíduos (perdas). Sua aplicação na indústria é fundamental para redução da mão de obra empregada além de possibilitar a utilização da tecnologia atual em inúmeras aplicações que podem contribuir para melhoria de qualidade do produto ou do processo de produção. Além disso, sua utilização permite a redução significativa de possíveis acidentes acarretados por inconsistência ou falhas humanas. A redução de custos associadas a melhoria de produtividade, alcançados com a melhoria e maior eficiência dos tempos de ciclos, também é um fator associado à sua utilização.

Na indústria automobilística percebe-se o aumento significativo do emprego de equipamentos automatizados. Devido à crise que o país está enfrentando, a redução de custos é inevitável. O uso de sistemas automatizados possibilita a melhoria de qualidade, redução de custos e tempo de produção, tornando o produto cada vez mais atraente ao consumidor final e oferecendo as empresas um diferencial de mercado.

Diante deste cenário, foi proposto a utilização de um dispositivo automatizado, desenvolvido em um Controlador Lógico Programável (CLP) em conjunto com um motor, uma válvula direcional, um cilindro pneumático e sensores. Esse dispositivo tem a capacidade de realizar uma furação automática, cuja principal finalidade é realinhar o furo do horizontal deck do modelo da empresa, ano 2017, obstruído por problemas no processo, retirando a necessidade de um custo adicional com a implementação de uma contenção manual e o risco de possíveis transtornos ocorridos pelo não alinhamento do furo durante a montagem do amortecedor.

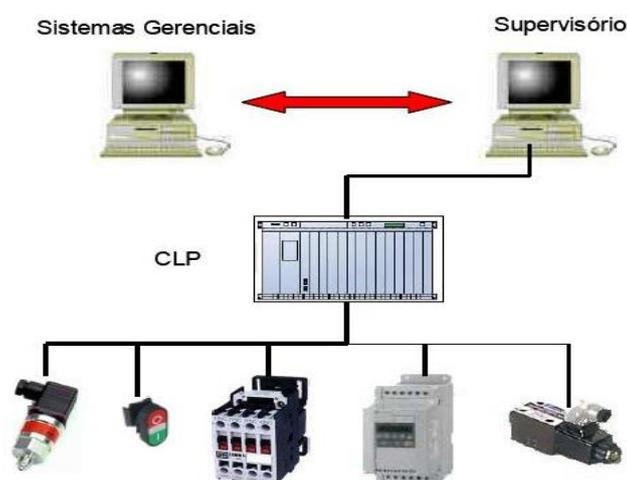
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Automação

A palavra automação vem do latim *Automatus*, que significa mover-se por si. Sua principal finalidade é utilizar a tecnologia atual a fim de criar métodos capazes de alcançar aspectos da cadeia produtiva, seja ele volume, qualidade ou redução de custos. Com o avanço da tecnologia atual, torna-se cada vez mais necessário o emprego de ações que possibilitem o aperfeiçoamento dos processos de fabricação. Segundo Silveira (1998), a automação vem ocupando mais espaços na atividade humana e ganha principalmente seu espaço nos processos industriais, com um objetivo de aperfeiçoar os processos de produção de bens com um menor custo, em maior quantidade, em menor tempo e com maior qualidade.

Existem indícios pré-históricos de tentativas de criação de mecanismos capazes de reduzir o esforço na realização de atividades, porém foi a partir do século XVIII com a Revolução Industrial e criação das máquinas inglesas à vapor que se intensificou a necessidade de aplicações da automação industrial. Segundo Silveira, P.R (2010), o avanço da automação está ligado à microeletrônica, à pneumática e à hidráulica, onde surgiram os Controladores Lógicos Programáveis (CLP's), que substituíram dispositivos mecânicos, aumentando a eficiência do sistema e facilitando a manutenção e instalação dos painéis de comandos. A Figura 1 mostra um exemplo de arquitetura de rede automatizada com um CLP.

Figura 1 – Arquitetura simplificada de um sistema automatizado



Fonte: Apostila de Automação Industrial – FUMEP/EPP/COTIP

2.2 Controlador Lógico Programável

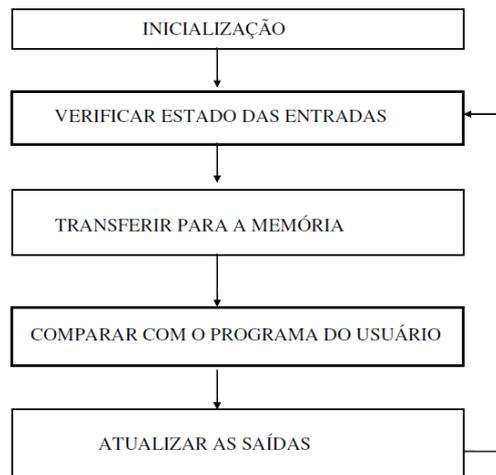
CLP ou PLC (*Programmable Logic Controller*) segundo a NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*) é um equipamento eletrônico digital com software e hardware que utiliza uma memória programável para armazenamento de instruções lógicas de sequenciamento, temporização, contagem e aritmética. A partir da lógica empregada, utilizam-se módulos de entradas e saídas para controlar outras máquinas ou processo.

A primeira aplicação de um CLP foi feita na empresa General Motors na década de 60, devido à necessidade de alterar processos de forma rápida e com menor custo. Em 1968, a divisão *Hydramatic* da GM determinou elaborar uma relação de critérios para o desenvolvimento do projeto do CLP a ser criado pela *Gould Modicom*. Em 1969 este dispositivo foi criado atendendo essas especificações. Desde seu aparecimento até hoje, o PLC passou por diversas mudanças como otimização de processamento, aumento de memória, aumento da quantidade de entradas e saídas e principalmente melhoramento do modo e interface de programação com adição de ferramentas mais didáticas e blocos mais complexos que atendem a necessidade de muitos programadores reduzindo consideravelmente o tempo de programação.

Segundo MORAES e CASTRUCCI (p.31, 2001), o CLP é responsável pela execução do programa do usuário, atualização da memória de dados e memória de imagem”. Esse processo realizado pelo PLC é avaliado por ciclos de varredura realizados pela unidade de processamento (CPU), que acontecem em frações de segundos e de maneira sequencial (da direita para esquerda e de cima para baixo). Antes de iniciar a varredura, é feita a leitura do módulo de entradas e as informações obtidas são copiadas para uma memória intermediária, podendo assim ser utilizada durante a execução das rotinas programadas. Ao terminar a avaliação das entradas, é feita a avaliação do programa inserido no CLP. Depois disso, a parte da memória intermediária que corresponde as saídas é copiada para as saídas físicas onde são realizados os acionamentos.

Esse procedimento é realizado de maneira cíclica como é mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma da varredura do CLP



Fonte: Antonelli, Pedro L. Introdução aos controles lógicos programáveis (CLP's), 1998.

Os CLP's podem ser classificados em Pequeno, Médio e Grande Porte, variados de acordo com a capacidade de memória, quantidade de entradas e saídas disponíveis e a possibilidade de adição de novos módulos. Para aplicações industriais verifica-se a maior utilização dos CLP's de grande porte, vistos na Figura 3. Quanto a linguagem de programação, os CLP's podem ser programados em Linguagens Gráficas através de diagramas de funções sequenciais, diagramas de contatos (Ladder) e diagramas de Blocos de Funções, ou em Linguagens Textuais onde se enquadram as listas de instruções e os textos.

Figura 3 - CLP Rockwell de grande porte



Fonte: ANCI – Produtos para Automação / PLC

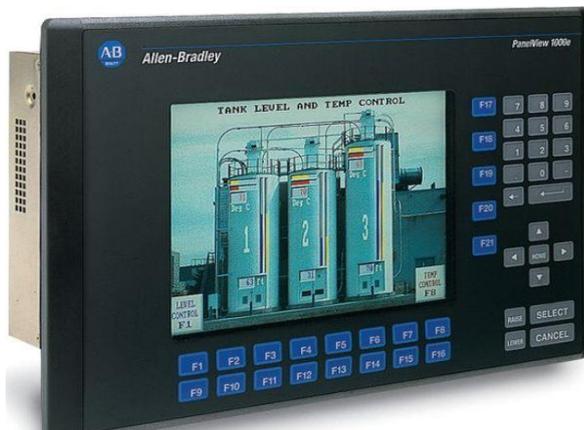
2.3 Interface Homem Máquina

A Interface homem máquina (IHM), também conhecida como HMI (*Human-Machine Interface*), foi criada com o objetivo de facilitar a interação entre o homem e um programa de computador. A norma ISO 9241-110 define a IHM como as partes de um sistema interativo que fornecem as informações de controle necessárias para que o usuário realize determinada tarefa com o sistema. De acordo com a CYBIS (2000), a interface com o usuário é formada por apresentações, informações, dados, controles e comandos. É esta interface também que solicita e recebe as entradas de dados, de controles e de comandos. Para entender melhor o funcionamento desse tipo de interface, podemos ter como exemplo a

tela dos smartphones, que podem executar comandos ou retornam feedbacks, sendo essas ações facilmente executadas ou interpretadas pelo usuário.

A IHM também pode ser integrada a um sistema de CLP, permitindo a interação do usuário com a lógica programada e possibilitando a visualizações ou realização de acionamentos desenvolvidos na lógica do controlador. Na Figura 4, podemos ver um exemplo de Interface Homem Máquina utilizada em alguns processos industriais.

Figura 4 - HMI Rockwell PanelView 1000e



Fonte: Catálogo CLP Center

2.4 Sensores Indutivos e Ópticos

Sensores industriais são dispositivos capazes de monitorar ou detectar eventos de uma variável, podendo a variável ser uma grandeza física ou não. Segundo KARL e WILLIG (2005), os sensores são dispositivos que podem observar parâmetros físicos do ambiente, sendo este uma verdadeira interface com o mundo real. Os sensores Indutivos (Figura 5), tem seu funcionamento baseado na variação da indutância do campo eletromagnético gerado por uma bobina, quando esta é influenciada por objetos metálicos que entram na sua área de atuação. Já os sensores Ópticos (Figura 6), possuem dois circuitos eletrônicos, utilizados para emissão/modulação da luz e recepção dessa mesma luz, podendo ser ambos os circuitos em um mesmo encapsulamento. A frequência e modulação do emissor e receptor devem ser a mesma, para que o receptor seja sensível apenas a luz do emissor e ignore a luz do ambiente. As informações colhidas tanto pelos sensores indutivos quanto pelos sensores ópticos são convertidas em sinais elétricos que indicam se algo foi detectado. Esses sinais são enviados ao módulo de entrada de sinais do controlador, para que seja realizada a lógica de funcionamento do processo ao qual o sensor foi aplicado.

A alimentação dos sensores é definida de acordo com cada fabricante, podendo ser em corrente contínua ou alternada, com variações de 10-30 Vcc (corrente contínua) e 12-250 Vac (Corrente alternada). A resposta de atuação do sensor é feita de acordo com o seu modelo de produção, podendo ser 0v (nível lógico 0) para os sensores do modelo PNP e VCC (nível lógico 1) para os sensores do modelo NPN.

Figura 5 - Sensor Indutivo Balluf



Fonte: Catálogo Control-Component-Sinc

Figura 6 - Sensor óptico Baumer



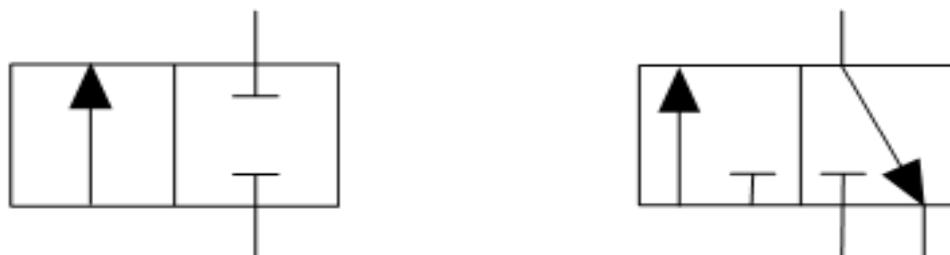
Fonte: Catálogo Power-by-Proxi

2.5 Válvulas Direcionais com Acionamento Elétrico

Válvulas direcionais são equipamentos de comando capazes de direcionar o fluxo de ar através de diferentes vias para realizar um determinado trabalho. Para realizar a mudança de direção de fluxo, as válvulas direcionais possuem de diferentes posições com disposições diferentes das vias.

De acordo com o CETOP (Comitê Europeu de Transmissão Óleo-Hidráulica e Pneumática) e a ISO (Organização Internacional de Normalização), as válvulas direcionais são representadas graficamente por um retângulo dividido em quadrados. Cada quadrado representa uma posição da válvula, determinando a quantidade de movimentos que podem ser realizados. O número de Vias de uma válvula indica a quantidade de conexões. As conexões de entrada de pressão, de utilização e de escape também são consideradas como Vias. Para entender a representação de uma válvula direcional, podemos ver a Figura 7 a seguir. Trata-se de válvulas de duas posições com duas e três vias respectivamente

Figura 7 - Válvulas direcionais de 2 e 3 vias com duas posições



Fonte: Catálogo Parker

A alteração das posições de trabalho de uma válvula direcional pode ser feita através de comandos manuais, mecânicos, elétricos e pneumáticos. No caso das Válvulas direcionais com acionamento elétricas, sua posição de trabalho é alterada através da aplicação de um sinal elétrico que parte de um Controlador Lógico Programável ou de um quadro de comando elétrico. Este sinal magnetiza a bobina da válvula proporcionando o deslocamento de sua posição. Para retorno à posição inicial ou de origem, a válvula elétrica pode também dispor de um retorno por mola.

As válvulas com acionamento elétrico atualmente são as mais utilizadas nas indústrias devido à possibilidade de reprogramação, agilidade, confiabilidade, durabilidade e custos competitivos.

2.6 Motores e Redutores

Os Motores Elétricos são equipamentos capazes de transformar energia elétrica em energia mecânica. Em uma indústria estimasse que mais de 70% da energia consumida é utilizada pelos motores para geração de energia mecânica. Para determinadas operações os motores podem ter acoplados em seu eixo um redutor de velocidade que nada mais é que um conjunto de engrenagens com rolamentos e eixos de entrada e saída que permitem a redução da rotação do acionador. Como consequência, quanto menor a rotação do eixo de saída do redutor, maior será o torque produzido pelo eixo para acionamento da carga. A Figura 8 mostra um motor com redutor acoplado em seu eixo.

Figura 8 - Vista Interna Redutor



Fonte: Catálogo Servo-Connect

Quanto a construção, os redutores mais utilizados possuem engrenagens cilíndricas com dentes retos e eixos paralelos, engrenagens cilíndricas com dentes helicoidais e eixos paralelos ou são do tipo coroa e rosca sem fim. Para algumas aplicações são utilizados redutores epicicloidais, também conhecidos como planetários, que utiliza em sua construção engrenagens comuns de dentes retos e uma ou mais engrenagens de dentes internos. Segundo Collins (2006), a seleção do melhor tipo de engrenagens para o cenário particular de um projeto depende de muitos fatores, incluindo o arranjo geométrico proposto para a máquina, a relação de redução necessária, a potência a ser transmitida, as velocidades de rotação, as metas de eficiência, as limitações do nível de ruído e as restrições de custos.

Os redutores epicicloidais são indicados quando se procura um sistema mais compacto e com capacidade para trabalhar com altas taxas de redução.

2.7 Disjuntores e Fusíveis

Os disjuntores e fusíveis são equipamentos de proteção utilizados nos circuitos elétricos com o intuito de protegê-los contra possíveis curtos-circuitos ou sobrecargas que possam danificar a integridade dos equipamentos elétricos ou até mesmo outros tipos de danos como incêndios e explosões. De acordo com a NBR-5410, são dispositivos que garantem simultaneamente a proteção para correntes de sobrecarga e correntes de curto-circuito.

Os fusíveis, vistos na Figura 9, são constituídos por um filamento condutor e utilizam como princípio de funcionamento o efeito joule. Quando a corrente elétrica ultrapassa o limiar de condução, o calor produzido pela passagem da corrente funde o filamento interrompendo o circuito. Para que seja reestabelecido o circuito elétrico é necessária sua substituição.

Figura 9 - Fusível de Vidro



Fonte: Catálogo Classic Cars Today

Os disjuntores por sua vez, são dispositivos de proteção e manobra que utilizam normalmente o princípio do magnetismo gerado pelo fluxo de corrente que passa no condutor. Em relação ao custo, os disjuntores são mais caros em relação aos fusíveis, porém quando resolvido o problema que ocasionou seu desligamento, os disjuntores podem ser rearmados manualmente como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Disjuntor Eletromagnético



Fonte: Catálogo Agleste Materiais

3. ESTUDO DE CASO

A linha de produção do modelo da empresa, ano 2017 está susceptível a diversos problemas ocorridos pelas variações que ocorrem durante o processo. Na etapa de montagem do amortecedor traseiro, essas variações de processo obstruem o local de colocação do parafuso, impedindo a fixação do amortecedor. Para que seja fixado corretamente, é necessário que se realize a reabertura manual do furo. Como esse é um problema frequente, foi criada uma contenção para o problema, onde foi mantido uma mão de obra fixa para fazer a reabertura do furo. A Figura 11 mostra um exemplo de operação de contenção realizada no outro modelo da empresa.

Imagem 11 - Operação de contenção



Fonte: Linha de Montagem da empresa

Desse modo, com o intuito de criar uma solução para o problema de obstrução do furo de fixação do amortecedor traseiro do modelo da empresa, o presente estudo de caso apresenta a criação de um dispositivo automatizado, que pode ser adaptado ao ciclo de funcionamento automático da estação de trabalho sem influenciar no tempo de produção, com a capacidade de reabrir o acesso do parafuso de fixação do amortecedor. Para compreender a aplicação desse estudo de caso, é necessário fazer um breve resumo do funcionamento de uma estação de solda, local onde foi proposto a aplicação do projeto.

3.1 Ciclo de Funcionamento de uma Estação de Solda Automatizada

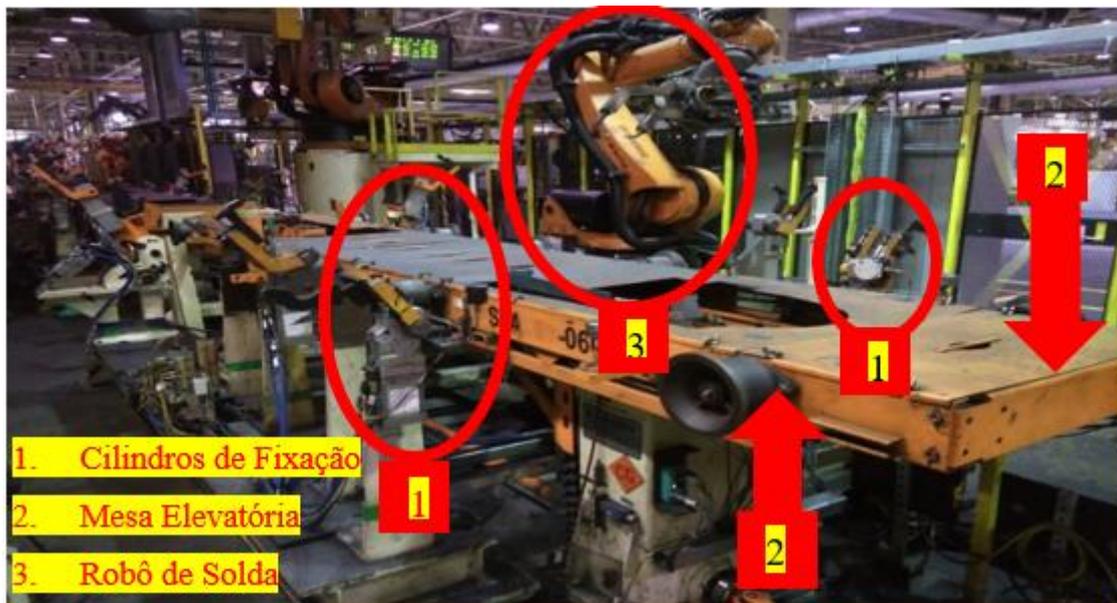
O ciclo de funcionamento realizado por uma estação de soldagem do modelo 2017, segue uma sequência de passos (*steps*) monitorados pelo CLP. Trata-se de uma sequência de acionamentos que acontecem de maneira automática. É importante salientar que para o avanço dos passos é necessário a confirmação da execução anterior do processo. A seguir temos uma sequência de funcionamento da estação de solda 6Y010.

- Chegada da Carroceria na Estação de Solda - Nesse passo acontece a verificação através do CLP de todos os dispositivos instalados na estação de trabalho afim de constatar que todos estão em condições seguras para recebimento da nova carroceria, sem riscos de danos aos equipamentos.
- Posicionamento da Carroceria - Através de motores que acionam uma mesa elevatória, a carroceria desce na estação de trabalho onde é retirada do dispositivo de transporte e apoiada em dispositivos de geometria, de modo que se possa garantir a posição exata da carroceria na mesa. A estação de trabalho é dotada de sensores que garantem o posicionamento correto da carroceria.
- Fechamento dos Cilindros de Fixação - Após a confirmação do posicionamento adequado da carroceria na estação, os cilindros de fixação são avançados. Esses cilindros são dotados de apoios, devidamente dimensionados, que possuem a função de manter a posição da carroceria durante o processo de solda, para que todos os pontos de solda sejam realizados na posição correta.
- Solda dos Robôs - Os robôs recebem autorização do PLC para realizar a solda da carroceria. Após realizar toda rotina de trabalho, os robôs enviam um sinal para o controlador confirmando seu final de ciclo.
- Abertura dos Cilindros de Fixação - Depois do fim de solda de todos os robôs, os cilindros de fixação da carroceria são novamente abertos.

- Posição de Transferência - Após a confirmação de abertura de todos os grampos de fixação, a mesa elevatória é acionada para reposicionamento da carroceria no dispositivo de transporte.
- Fim de Ciclo - Confirma que todos os passos foram realizados e libera a saída e entrada de uma nova carroceria através do dispositivo de transporte.

Na Figura 12, podemos ver uma estação de solda

Figura 12 - Estação de Trabalho 6Y060



Fonte: Linha de Montagem da empresa

3.2 Análise Comparativa de Projetos

Na fase de projeto do dispositivo de alinhamento do furo do horizontal deck, surgiram 2 (duas) propostas de elaboração de dispositivos. Em seguida foi realizado o levantamento dos materiais a serem utilizados no dispositivo que irá realizar a reabertura do furo, feito em chapas de 3 milímetros confeccionadas em aço 1020. A Figura 13 mostra o local projetado para instalação do dispositivo proposto.

Figura 13 - Estação de trabalho

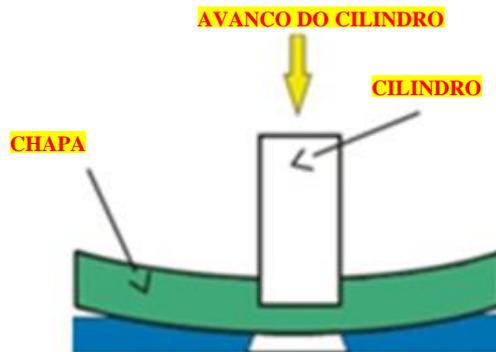


Fonte: Linha de Montagem da empresa

Proposta 1 - Puncionamento com cilindro pneumático

No primeiro projeto foi analisado a aplicação de um cilindro pneumático com um pino cônico em sua extremidade. Para realizar o avanço desse cilindro seriam aplicados 12 Bar de pressão de ar, fazendo com que esse pino reabra as bordas do furo desalinhadas, empurrando a sobra do material para trás (Puncionamento), possibilitando assim a colocação posterior do parafuso. Porém, durante a própria fase de projeto foi constatado que isso seria um enorme potencial de falhas no processo, já que o furo a ser reaberto possui uma chapa muito espessa e poderia gerar problemas no retorno do conjunto (cilindro e pino). Outro problema previsto ainda na fase de projeto foi que as próprias variações do processo poderiam deslocar o furo de maneira diferente acarretando no avanço incompleto do cilindro e na reabertura incompleta do furo. A Figura 14 mostra um Puncionamento pneumático similar ao descrito anteriormente.

Figura 14 - Simulação de Puncionamento com Cilindro Pneumático

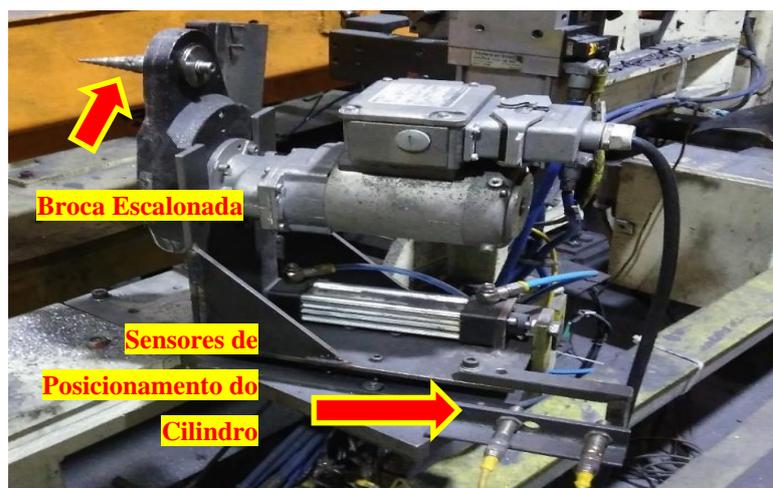


Fonte: MM Borges / Processos de Conformação

Proposta 2- Furadeira com avanço pneumático

Neste modelo, foi planejado um sistema de motor e redutor sobre uma guia linear acionada por um cilindro pneumático. Este modelo se adapta melhor ao processo ao utilizar uma broca escalonada na ponta do conjunto motor-redutor, criando uma espécie de furadeira que com o avanço e recuo do cilindro pneumático realizará a retirada do material que está obstruindo o furo de fixação do amortecedor. Por ser mais eficiente e menos propício a falhas, esse será o projeto selecionado para ser colocado em funcionamento. A Figura 15 mostra o conjunto motor-redutor com a broca escalonada adaptada, chamado de furadeira com avanço pneumático.

Figura 15 - Furadeira com avanço Pneumático



Fonte: Linha de Montagem da empresa

3.3 Lista de materias:

Para criação deste projeto, foram utilizados os seguintes materiais:

- 1 Cilindro Pneumático com curso de 80 mm
- 1 Motor SEW de 0.37 Kw, 380/440v, 1700 Rpm, In = 1.92/1.11A, n = 2.3% , IP/In = 4.2
- 1 Redutor de Velocidade 14x1
- 2 Sensores Indutivos Balluf, alcance Sn= 4mm, corrente nominal In = 130mA
- 1 Foto-sensor Balluf, alcance Sn = 1 Metro
- 1 Válvula Direcional Elétrica de 5x2 vias (5 vias e 2 posições)
- 1 Broca Escalonada com variações de 3/20mm
- 1 Disjuntor de proteção do motor
- 2 Fusível de proteção do comando
- 1 Módulo de entradas e saídas (Flex I/O)
- 20 Metros de Cabo 4x1 2,5mm

3.4 Etapas de instalação do dispositivo proposto

A instalação do dispositivo de furação foi dividida em etapas, as quais estão descritas a seguir.

- Dimensionamento da Instalação Elétrica - Por se tratar de um motor de 440V com corrente nominal de 1.11A e fator de serviço de 1.25, foi dimensionado um condutor de 2.5 mm que suporta uma corrente de até 20A, considerando o método de instalação B2 (cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não circular), com três ou mais condutores carregados. Para proteção do equipamento foi utilizado um disjuntor termomagnético, com ajuste na corrente de 1-1.6A que atende a proteção do motor e evita problemas de aquecimento do condutor em caso de curto circuito ou sobrecarga. No painel de alimentação do motor, foi instalado um contactor de potência. Através do acionamento de uma saída do PLC, a bobina do contactor é energizada para que seja liberada tensão e corrente para o motor.
- Fixação do Cilindro Pneumático - Com a ajuda de um mecânico, foi construído um suporte de aço em chapas de 30mm, com guias lineares capazes de suportar o peso do motor e do cilindro pneumático, além da força exercida sobre o dispositivo no momento do avanço do cilindro para realização da reabertura do furo. Nessa etapa também foi definido o posicionamento de instalação do conjunto.
- Adaptação de Broca Escalonada - Foi adaptada uma broca escalonada no conjunto motor-redutor, vista na Imagem 3. Trata-se de uma broca com níveis de diâmetros que variam de 3mm a 20mm. Sua principal função é reduzir o esforço do motor na retirada de material durante o avanço do cilindro.
- Medição do Avanço do Cilindro Pneumático - Para que a broca pudesse reabrir o furo no diâmetro correto, foi necessário medir o deslocamento máximo a ser atingido pelo cilindro. Como foi utilizado uma broca escalonada com variações de diâmetro entre 3mm e 20mm e o diâmetro do furo a ser reaberto deveria ter 14mm, foi necessário instalar um limitador mecânico na guia linear que impede o cilindro de ultrapassar o deslocamento máximo estabelecido.
- Instalação dos Sensores - Foram instalados suportes para fixação dos sensores de posicionamento do cilindro e verificação da integridade da broca. Os sensores são essenciais para a eficiência do dispositivo instalado, pois sem eles, seria impossível garantir que o dispositivo está realizando seu avanço completo e recuo para evitar a quebra do dispositivo.
- Configuração de Entradas e Saídas - Para acionamento do cilindro pneumático, foi instalado uma válvula com 5 vias e 2 posições (5x2 vias). Primeiro a válvula foi configurada na rede Ethernet com um número de IP (Internet Protocol). Depois de configurada, a válvula foi declarada no PLC para que pudessem ser atribuídas saídas lógicas para acionamento da válvula. Também foram configuradas as entradas provenientes dos sensores indutivos de posicionamento do cilindro e óptico para o monitoramento da broca. Para isso foi necessário inserir um módulo de entrada de sinais (Flex I/O) e direcionar os sinais elétricos a esse módulo através de condutores. No PLC, cada uma das entradas é atribuída a uma memória utilizada na lógica de funcionamento do dispositivo. A Figura 16 mostra um modelo de Flex I/O semelhante ao utilizado na aplicação.

Figura 16 - Flex I/O Ethernet



Fonte: Catálogo Ali Express

3.5 Lógica de Funcionamento

De acordo com o ciclo de funcionamento de uma estação de solda automatizada descrita anteriormente, o PLC realiza um monitoramento para garantir que todos os dispositivos estão em condições seguras para a chegada de uma nova carroceria na estação de trabalho. Foi adicionada a essa verificação o estado de repouso do cilindro pneumático, afim de garantir que o mesmo se encontra recuado desde o momento de chegada de uma nova carroceria até receber o comando de avanço da lógica. Caso esta condição não seja atendida, uma falha é identificada, e o processo é interrompido quase que instantaneamente.

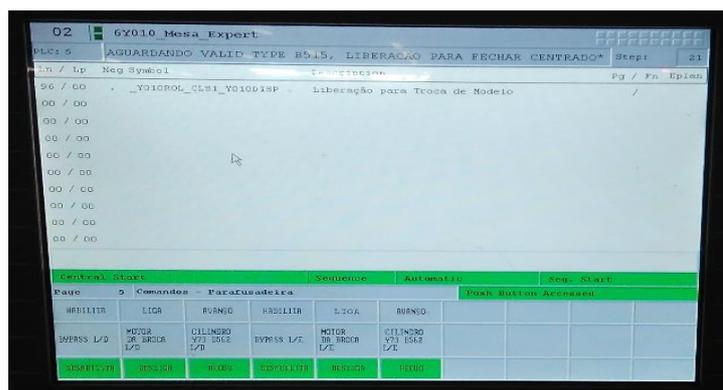
Para que se possa enviar o comando de avanço do cilindro da furadeira, é extremamente importante que a carroceria esteja na posição correta. Essa posição só é garantida no momento em que o PLC tem a confirmação da mesa na posição inferior com cilindros de posicionamento fechado. Logo, o avanço do dispositivo de furação foi programado obedecendo essa sequência de operação.

Quando os cilindros de posicionamento estão fechados corretamente, a válvula pneumática e o contactor de alimentação do motor são habilitados através de saídas do PLC para realizar o avanço do cilindro da furadeira. Ao alcançar a posição de avanço máximo, um sensor indutivo é atuado, enviando ao PLC a liberação para retorno do cilindro. Para garantir que o furo não apresente deformações, foi estipulado um tempo antes do retorno do cilindro (1 segundo). Depois desse tempo, o PLC envia para a válvula o comando de retorno do cilindro da furadeira. Quando o cilindro atinge a posição de repouso, significa que o processo foi concluído e então a estação pode saltar para o passo seguinte, com a garantia que o furo de fixação do parafuso do amortecedor está totalmente retrabalhado.

3.6 Instalação de Comandos Manuais e By-pass

Em uma interface homem-máquina (IHM) já existente na estação de trabalho, foi desenvolvido uma tela que possibilita o uso de comandos para acionamentos manuais, como ligar e desligar o motor ou avançar e recuar o cilindro de suporte do conjunto. Além disso, foi adicionado um comando para by-pass do dispositivo, que possibilita o bloqueio do funcionamento em caso de defeito, sem prejuízos a sequência de funcionamento da estação de solda. A Figura 17 mostra a tela desenvolvida na IHM da estação de solda.

Figura 17 – IHM, Tela de Acionamentos e By-pass



Fonte: Linha de Montagem da empresa

4. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Para realizar a análise de viabilidade do projeto foi necessário considerar algumas situações:

- Para esta análise, foi levado em consideração apenas o custo dos materiais, sendo desprezados custos de instalação, manutenção, depreciação e logística;
- Foi estipulado o custo mensal de um trabalhador em R\$ 2.000,00;
- Foi estimada a capacidade de produção de 30 (trinta) carrocerias do modelo por hora;
- O CLP utilizado no projeto já fazia parte da linha de produção e por isso não foi contabilizado no custo de projeto.

A partir de uma análise de mercado, foram definidos os valores de cada material utilizado para confecção da Furadeira com avanço pneumático. A “Tab. 1” mostra o valor de cada item.

Tabela 1 – Custo dos Materiais

ITEM	QTD.	VALOR TOTAL R\$
Flex I/O	1unid	1700,00
Cilindro Pneumático	1unid	180,00
Motor SEW de 0.37 Kw	1unid	1.100,00
Foto-sensor Balluf	1unid	315,00
Redutor de Velocidade 14x1	1unid	290,00
Sensores Indutivos Balluf	2unid	390,00
Válvula Direcional	1unid	120,00
Broca Escalonada	1unid	160,00
Disjuntor	1unid	35,00
Fusível	2unid	1,00
Cabo multipolar (4x2,5mm)	20mt	200,00
TOTAL		4491,00

Fonte: Autoria Própria

Para realizar a colocação do parafuso do amortecedor traseiro do modelo, fazia-se necessário a reabertura do furo através de ferramentas manuais. Esse procedimento durava aproximadamente 10 segundos por carro retrabalhado, o que corresponde a aproximadamente 17% de uma hora de produção. Como foi estabelecida a capacidade de produção em 30 (trinta) carros por hora, cerca de 5 (cinco) carros eram deixados de ser produzidos.

Para realização da reabertura do furo manualmente, fazia-se necessário o uso de 1 (uma) mão de obra por turno de trabalho, o que gerava um custo de aproximadamente R\$ 6.000,00 (seis mil reais) por mês. Comparando o custo de mão de obra com o custo de instalação listado na “Tab. 1”, percebe-se que o projeto começa a apresentar retorno em menos de 30 (trinta) dias após a instalação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Estudo de caso realizado entre de janeiro e junho de 2017, foi realizado utilizando apenas matérias disponíveis na empresa, não sendo empregados custos adicionais com compras ou instalação, porém para que fosse possível realizar uma análise de viabilidade econômica, foi necessário fazer uma pesquisa de preço dos equipamentos empregados no projeto.

Através desse estudo foi possível comprovar que a automação aplicada a dispositivos pode realizar diversas tarefas, que anteriormente necessitavam da intervenção humana. O uso do CLP permite programar comandos a serem executados de maneira lógica e sequencial que controlam a máquina ou o processo.

A partir do dispositivo proposto, foi possível retirar a utilização de 3 (três) mãos de obra (pessoas) utilizadas para realizar a contenção do problema de desalinhamento do furo de fixação do amortecedor durante um dia de trabalho, gerando uma economia de aproximadamente R\$6000,00/mês (seis mil reais por mês) a partir do segundo mês de funcionamento. Além disso, essa aplicação devolve ao processo a capacidade de produção de 30 (trinta) carros por hora, ao retirar do processo a necessidade de contenção que limitava a produção em cerca de 25 (vinte e cinco) carros/hora.

Assim, é possível constatar a eficiência trazida pelo uso da automação no processo de produção do modelo *da empresa*. Fica evidente que as aplicações de técnicas de automação na indústria automobilística podem proporcionar inúmeras vantagens ao setor produtivo, como o aumento da qualidade do produto e produtividade, a redução do custo de mão de obra produtiva além de permitir a empresa uma melhor competitividade de mercado.

6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. Sensores industriais: Fundamentos e Aplicações. Ed Érica. 1ª Edição, São Paulo, 2005.

ANTONELLI, Pedro L. Introdução aos controles lógicos programáveis (CLPs), 1998.

ARQUITETURA-SIMPLIFICADA-DE-UM-SISTEMA-AUTOMATIZADO. <Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/3020515/Apostila-Automacao-Industrial>> Acessado em: 05 de maio de 2017.

CAPELLI, A. Automação Industrial. Ed. Érica. 2ª edição. São Paulo, 2008.

COLLINS, J. A. Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas: Uma Perspectiva de Prevenção de Falha. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

CONTROLOGIX-1756. <Disponível em: <https://www.amci.com/plc-automation-products/specialty-io/plug-module-io/allen-bradley/1756-controllogix-io>> Acessado em: 07 de abril de 2017.

DISJUNTOR-ELETROMAGNETICO. <Disponível em: <http://www.aglestemateriais.com.br/Disjuntores>> Acessado em: 22 de abril de 2017.

DISJUNTORES_X_NORMAS_ABNT. <Disponível em: https://www.schneider-electric.com.br/documents/cadernos-tecnicos/disjuntores_x_normas_abnt.pdf> Acessado em: 01 de junho de 2017.

DORF, Richard C; BISHOP, Robert H. Sistemas de controle modernos - 8.ed / 2001 8.ed. Rio de Janeiro, RJ: Livros Técnicos e Científicos, 2001.

FLEX-I/O. <Disponível em: <https://www.aliexpress.com/item-img/New-AB-Allen-Bradley-Ethernet-IP-Adaptor-1794AENT-1794-AENT-PLC-FLEX-I-O-free-shipping/730099335.html>> Acessado em: 20 de abril de 2017.

FUSIVEL-DE-VIDRO. <Disponível em: <https://www.eletronicacastro.com.br/238-fusivel-vidro-pequeno>> Acessado em: 20 de abril de 2017.

IHM-ROCKWELL-PAINELVIEW-1000E. <Disponível em: www.clpcenter.com.br/index.php?pg=produto&id=24> Acessado em: 07 de abril de 2017.

KARL, H.; WILLIG, A. Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2005.

MORAES, Cicero Couto; CASTRUCCI, Plinio de Lauro. “Engenharia de Automação Industrial”. São Paulo, LTC, 2001

MORLEY, Dick. The History of the PLC as told to Howard Hendricks <Disponível em: <http://www.barn.org/FILES/historyofplc.html>> Acessado em: 01 de abril de 2017.

PUNÇIONAMENTO-CILINDRO-PNEUMÁTICO. <Disponível em: http://mmborges.com/processos/Conformacao/cont_html/corte.htm> Acessado em: 01 de junho de 2017.

SENSOR-INDUTIVO-BALLUF. <Disponível em: http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/instalacoes_e Equipamento_industrial/balluff-controles-eletricos-ltda/produtos/automacao_industrial/sensores-indutivos> Acessado em: 09 de abril de 2017.

SENSOR-OPTICO-BAUMER. <Disponível em: <http://www.nei.com.br/produto/2013-12-sensor-optico-baumer-do-brasil-ltda?id=edb79542-5ba7-11e4-8697-0e94104de12e>> Acessado em: 09 de abril de 2017.

VALVULAS-DIRECIONAIS. <Disponível em: https://www.parker.com/literature/Brazil/M2001_2_P_09.pdf> Acessado em: 11 de abril de 2017.

VISTA-INTERNA-DOS REDUTORES. <Disponível em: <http://www.servoconnect.com.sg/helical-gearred-motors.html>> Acessado em: 05 de maio de 2017.