

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTOS ACADÊMICOS DE ELETRÔNICA E MECÂNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL

**CONTROLE DE POSIÇÃO E VELOCIDADE UTILIZANDO INVERSOR
DE FREQUÊNCIA EM UMA MÁQUINA QUE FAZ A INSERÇÃO DO
“CHIP” NO CARTÃO PLÁSTICO: Um caso de estudo.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
Setembro 2013

WAGNER GODINE BALBINO

CONTROLE DE POSIÇÃO E VELOCIDADE UTILIZANDO INVERSOR DE FREQUÊNCIA EM UMA MÁQUINA QUE FAZ A INSERÇÃO DO “CHIP” NO CARTÃO PLÁSTICO: Um caso de estudo.

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Ubiradir Mendes Pinto.

CURITIBA
Setembro 2013

WAGNER GODINE BALBINO

CONTROLE DE POSIÇÃO E VELOCIDADE UTILIZANDO INVERSOR DE FREQUÊNCIA EM UMA MÁQUINA QUE FAZ A INSERÇÃO DO “CHIP” NO CARTÃO PLÁSTICO: Um caso de estudo.

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia de 2013, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Milton Luiz Polli
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Mecânica

Prof. Esp. Sérgio Moribe
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Gilmar Lunardon

Prof. Ubiradir Mendes Pinto
Orientador

Prof. M. Sc. Márcio Augusto Lombardi

RESUMO

BALBINO, Wagner Godine. **Controle de posição e velocidade utilizando inversor de frequência em uma máquina que faz a inserção do “chip” no cartão plástico: Um caso de estudo.** 2013. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial), Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

O presente trabalho trata da substituição de um freio eletromecânico por um inversor de frequência em uma máquina que faz a inserção do “chip” no cartão em uma indústria que fabrica cartões inteligentes (cartões bancários e *SIM Cards* para celular). A máquina em questão possui um motor que utiliza de um freio eletromecânico para parar o mecanismo na posição correta e fazer a inserção do “chip” nos cartões. Com o desgaste deste freio ocorrem constantemente problemas na inserção de *chips* e o ajuste torna-se muito difícil, uma vez que o problema volta a ocorrer em pouco tempo, causando impactos na produção de cartões uma vez que a máquina passa muito tempo em manutenção. A substituição do freio por um inversor de frequência é uma melhoria que tornará o processo produtivo mais eficiente, reduzindo a quantidade de rejeitos na produção, diminuindo também o tempo de parada de máquina por manutenção. No trabalho foi empregado um inversor de frequência da WEG com a função de controlar a velocidade e o posicionamento correto da máquina para a inserção do “chip”.

Palavras chave: Freio eletromecânico. Inserção do chip. Inversor de frequência.

ABSTRACT

BALBINO, Wagner Godine. **Position and speed control using frequency inverter in a machine that makes inserting the chip in the plastic card: a case study.** 2013. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial), Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

This paper deals with the replacement of an electromechanical brake by a frequency inverter into a machine that makes the insertion of the "chip" on the card in an industry that manufactures smart cards (bank cards and SIM Cards Mobile). The machine in question has a motor that uses an electro mechanical brake to stop the engine in the correct position and make the insertion of the "chip" cards. With this brake wear problems occur constantly inserting chips and the adjustment becomes very difficult since the problem returns in a short time impacting in the production of cards once the machine spends much time for maintenance. The replacement of brake by a frequency inverter is an improvement that will make the production process more efficient, reducing the amount of waste production, also decreasing the down time for machine maintenance. Employee at work was one of WEG frequency inverters with the function of controlling the speed and the correct positioning of the machine for inserting the "chip".

Keywords: Electro-mechanical brake. Chip insertion. Frequency inverter.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Componentes de um Acionamento Elétrico	12
Figura 2 - Motor elétrico	13
Figura 3 - Componentes de um Acionamento Elétrico	14
Figura 4 - Diagrama de Comando e Força	15
Figura 5 - Conversor CC-CA monofásico em ponte completa.....	17
Figura 6 – Comando do inversor a dois ou a três fio.....	21
Figura 7- Rampas de aceleração e desaceleração geradas pelo inversor de frequência.....	24
Figura 8 - Regiões de operação do motor de indução trifásico.	24
Figura 9 – Acoplador Óptico.....	25
Figura 10 – Filtro de linha.....	27
Figura 11 – Máquina ENC 3000	30
Figura 12 – Estação “Turret”	31
Figura 13 – Diagrama lógico de operação “Turret”.....	32
Figura 14 – Indicador de posição da estação “Turret”	32
Figura 15 – Inversor WEG CFW09.....	35
Figura 16 – Inversor e Filtro de Linha de Força instalados	37

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

SIM - Módulo de Identificação do Assinante do inglês (*Subscriber Identity Module*)
PVC - Cloreto de Polivinila
ABS - Acrilonitrila Butadieno Estireno
PET - Politereftalato de Etileno
PTEG - Polietileno Tereftalato modificado com Glicol
PC - Policarbonato
CA - Corrente Alternada
CC - Corrente Contínua
ISO - Organização Internacional para Padronização do inglês (*International Organization for Standardization*)
CEN – Comitê Europeu para Padronização do francês (*Comité Européen de Normalization*)
LCD - Tela de Cristal Líquido do inglês (*Liquid Crystal Display*)
LED - Diodo Emissor de Luz do inglês (*Light Emitting Diode*)
RPM - Rotações por Minuto
A – Ampére (Unidade de Corrente Elétrica)
kW – Quilowatt (Potência Elétrica)
s – Segundo (Unidade de Tempo)
V - Volt (Potencial Elétrico)
Hz – Hertz (Frequência)
CV – Cavalo Vapor (Unidade de Medida de Potência)
% - Porcentagem (1/100)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.2	PROBLEMA	8
1.3	JUSTIFICATIVA	9
1.4	OBJETIVOS	10
1.4.1	Objetivo Geral	10
1.4.2	Objetivos Específicos	10
1.5	MÉTODO DE PESQUISA	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1	ACIONAMENTOS ELÉTRICOS	12
2.2	MOTOR ELÉTRICO	13
2.3	ACIONAMENTO DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS	13
2.3.1	Partida Direta	16
2.3.2	Partida Estrela-Triângulo	16
2.3.3	Partida Compensadora	16
2.4	INVERSOR DE FREQUENCIA	17
2.4.1	Tipos de Inversores	18
2.4.2	Dimensionamento de Inversores	18
2.5	PARTIDA DE MOTORES COM INVERSOR DE FREQUÊNCIA	22
2.5.1	Partida e Frenagem utilizando Inversores de Frequência	23
2.6	ACOPLADORES ÓPTICOS	25
2.7	SENSORES INDUTIVOS	26
2.8	TRANSMISSÃO POR CORREIAS	26
2.9	FILTRO DE LINHA DE FORÇA	27
2.10	MOTOR TRIFÁSICO COM MOTOFREIO (MOTOFREIO TRIFÁSICO)	27
3	DESENVOLVIMENTO	29
3.1	DESCRIÇÃO DA MÁQUINA	29
3.1.1	Funcionamento da Máquina	30
3.2	A ESTAÇÃO A SER MODIFICADA: "TURRET"	30
3.2.1	Funcionamento da Estação "Turret"	31
3.3	PESQUISA E ESCOLHA DO INVERSOR	33
3.4	INVERSOR WEG CFW09	33
3.6	INSTALAÇÃO DO INVERSOR	36
4	RESULTADOS OBTIDOS	38
5	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	40
	ANEXO A – ESQUEMA ELÉTRICO ORIGINAL DA MÁQUINA	43
	ANEXO B – ESQUEMA ELÉTRICO MODIFICADO	44
	ANEXO C - GRÁFICO DE FALHAS DE INSERÇÃO	45

1 INTRODUÇÃO

A globalização fez com que as empresas enfrentem uma grande concorrência para se manterem no mercado. Sabemos que para uma indústria ser competitiva não basta apenas produzir com qualidade, também é preciso que se invista em publicidade para o produto, treinamento de funcionários, organização de processos produtivos, ou seja, produzir de maneira mais eficiente com o menor custo possível. E é nesse ponto que se enquadra esta proposta de TCC.

A automação de máquinas nos processos industriais é comum e importante, mas a resolução de problemas práticos representam desafios. Manter a precisão em sistemas que exigem paradas sistemáticas é um desses desafios.

A indústria do presente trabalho, fabrica cartões inteligentes (cartões bancários e *SIM Cards* para celular). A empresa possui aproximadamente 90 máquinas na planta de Pinhais, que fazem desde a impressão do plástico até finalização do cartão. É política desta empresa investir em inovações, tanto na busca por equipamentos modernos, quanto incentivando funcionários a propor melhorias nos processos produtivos e nos equipamentos já com muitos anos de uso.

Nesse contexto é indispensável que empresas tornem seus processos produtivos cada vez mais eficientes, para que possam sobreviver e crescer no mercado.

1.2 PROBLEMA

Na empresa, fabricante de cartões bancários e *SIM Cards* para celulares, existe um processo de fabricação que consiste em fixar o *chip* no cartão plástico.

Esse processo é executado pela máquina ENC 3000 fabricada pela *Datacard Group* e denomina-se *Embedding*. O mecanismo que executa esse processo é movido por um motor elétrico e executa movimentos de 90° em 90° sempre no mesmo sentido.

O problema ocorre quando o freio eletro mecânico dessa máquina começa se desgastar. O sistema de inserção da máquina para fora de posição aumentando o número de rejeitos e fazendo a mesma ficar muito tempo em manutenção. Outro ponto negativo é que atualmente a ENC 3000 não é mais fabricada, dificultando a compra de peças para reposição.

Com isso, surgiu a ideia de alterar o sistema de freio da máquina. No lugar do freio eletro mecânico adaptar um inversor de frequência.

1.3 JUSTIFICATIVA

A máquina responsável pelo processo de inserção do chip no cartão plástico já tem muitos anos de uso. Seu desempenho já não é o ideal quando se compara com equipamentos que foram fabricados recentemente.

Com baixa produtividade e alto índice de rejeitos de fabricação, torna-se necessário uma intervenção mais profunda no equipamento. Esta intervenção visa aumentar a sobrevida da máquina, garantindo que a mesma produza com qualidade e estabilidade.

Diminuindo as falhas por variação no sistema de inserção, o setor de qualidade poderia diminuir o número de cartões inspecionados a cada lote, tornando o processo produtivo mais rápido. Com maior estabilidade do equipamento o setor de planejamento de produção saberia com mais exatidão quanto à máquina pode produzir em determinado tempo, contribuindo para não haver atrasos na entrega dos produtos aos clientes.

Outro benefício esperado é a redução do custo com peças de reposição para este equipamento, já que o inversor de frequência possui uma durabilidade muito elevada.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Substituir o freio eletromecânico por inversor de frequência no processo de inserção do *chip* no cartão.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar um acionamento elétrico
- Estudar a máquina onde será substituído o freio
- Pesquisar o inversor adequado à aplicação da máquina.
- Adaptar circuito de acionamento do motor com inversor a máquina
- Parametrizar o inversor para a aplicação.

1.5 MÉTODO DE PESQUISA

O trabalho se desenvolverá nesta sequência: um estudo sobre motores elétricos de indução trifásicos, definição, aplicações e funcionamento. Em seguida será necessário estudar o que vem a ser um acionamento elétrico e as partes que o compõem. Na sequência virá um estudo sobre tipos de frenagem elétrica.

Posteriormente será abordado o assunto sobre inversores de frequência que conterà a definição, partes constituintes, princípios básicos de funcionamento, aplicações e critérios para seleção. Outro assunto que será abordado será a parte da máquina a qual se pretende fazer a adaptação. Com isso será possível verificar o que será substituído e o que será reaproveitado. Em seguida será feita uma pesquisa dos inversores que se tem no mercado, verificando qual deles atende a

necessidade. O passo seguinte será a instalação, parametrização e testes da máquina.

Por ultimo serão apresentados os resultados para verificar se realmente houve melhoria no desempenho da máquina.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ACIONAMENTOS ELÉTRICOS

Acionamento elétrico é um sistema industrial para realizar a conversão de energia elétrica para energia mecânica (movimento). São normalmente utilizados para acionar máquinas ou equipamentos que requerem algum tipo de movimento controlado, como por exemplo, a velocidade de rotação ou a parada em determinados locais (SCHNEIDER ELECTRIC, 2003),

Um acionamento elétrico moderno é formado normalmente pela combinação dos seguintes elementos, segundo Schneider Eletric (2003):

Motor: converte energia elétrica em energia mecânica. Os motores mais amplamente utilizados nos acionamentos elétricos são os motores de indução monofásicos e trifásicos.

Dispositivo eletrônico: comanda e/ou controla a potência elétrica fornecida ao motor.

Transmissão mecânica: adapta a velocidade e inércia entre motor e máquina acionada (carga).

A Figura 1 representa um acionamento elétrico.

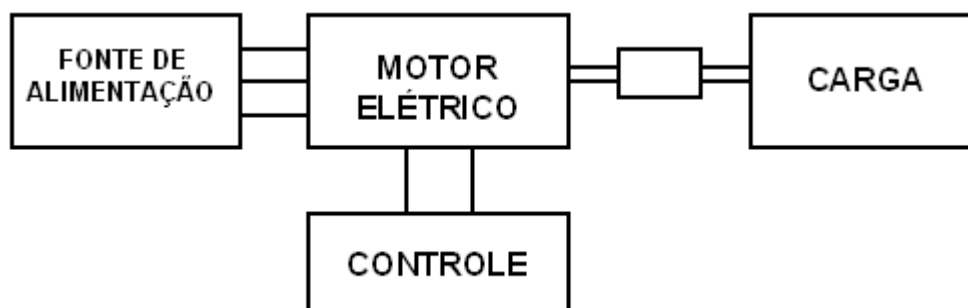


Figura 1- Componentes de um Acionamento Elétrico
Fonte: Autoria própria

2.2 MOTOR ELÉTRICO

Motor elétrico é a máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. O motor de indução é o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica, baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando - com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos. Os tipos mais comuns de motores elétricos são: Motores de corrente contínua e os Motores de corrente alternada e estes se dividem em Motor síncrono e Motor de indução. A Figura 2 mostra um motor elétrico.



Figura 2 - Motor elétrico
Fonte: WEG² (2012)

2.3 ACIONAMENTO DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS

Os motores elétricos são acionados através de chaves de partida compostas pelos seguintes dispositivos:

Seccionamento: isola eletricamente os circuitos de potência e de comando da alimentação geral. São normalmente utilizados seccionadores, interruptores (disjuntores) e aparelhos de múltiplas funções como os disjuntores motores.

Proteção: os motores conectados a rede elétrica estão sujeitos a alguma falha elétrica. O dispositivo de proteção tem por função de atuar e proteger os motores contra:

- Curtos-circuitos: detectando e interrompendo o mais rápido possível correntes anormais superiores a 10 vezes a corrente nominal (I_n).
- Sobrecargas: detectando aumentos da corrente até 10 vezes a corrente nominal e interrompendo a partida antes que o aquecimento do motor e dos condutores provoque a deterioração dos isolantes.
- Comutação: estabelecem, interrompem e regulam o valor da corrente absorvida pelo motor. Estes dispositivos podem ser eletromecânicos, contactores e disjuntores-motor e eletrônicos; relés e contactores estáticos, conversores de frequência e *soft-starters*. (FRANCHI, 2008)

A Figura 3 mostra a disposição destes elementos em um acionamento elétrico.

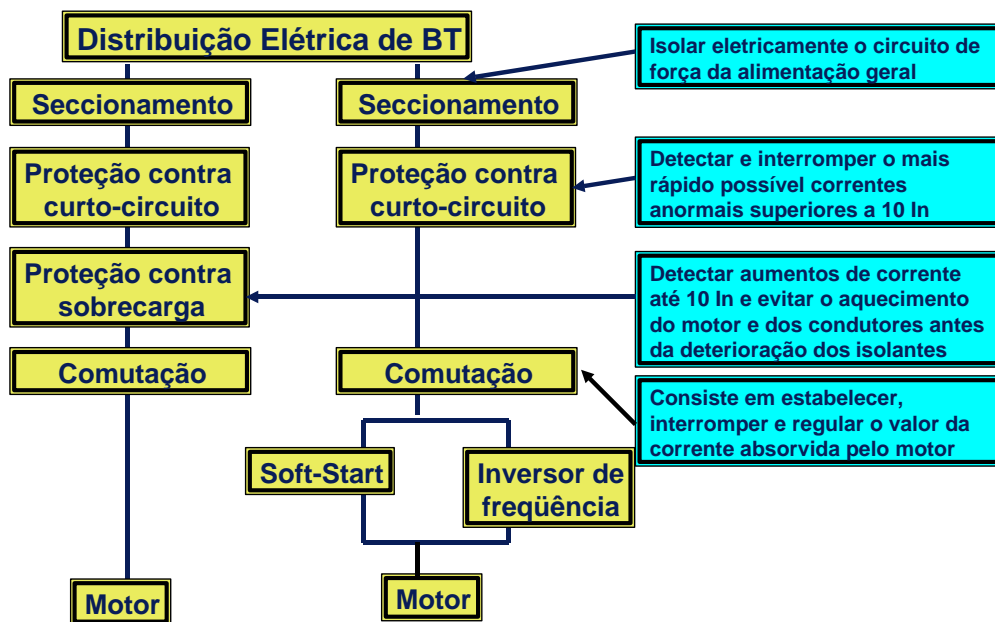


Figura 3 - Componentes de um Acionamento Elétrico
Fonte: Schneider Electric(2003, p.12).

Os sistemas de partida de um motor de indução são constituídos de dispositivos eletromecânicos, elétricos e eletrônicos que quando combinados são capazes de acionar motores de acordo com as necessidades da carga, requisitos de

segurança estabelecidos em norma e exigências da concessionária de energia elétrica (ULIANA, 2011).

Alguns dos métodos de partida são:

- Partida direta;
- Partidas com inversor de frequência;
- Partidas com *soft-starters*;
- Partidas estrela-triângulo;
- Partidas série-paralela;
- Partidas Compensadoras

Um acionamento elétrico é composto por um circuito principal e um de comando. O circuito principal ou de força é o responsável pela alimentação do motor, ou seja, representa a conexão dos terminais do motor a rede elétrica e o circuito de comando é responsável pelo comando do dispositivo que estabelece, interrompe e regula a corrente absorvida pelo motor, ou seja, determina quando o motor será ligado ou desligado (ULIANA, 2011).

A Figura 4 abaixo mostra a representação dos circuitos de força e comando.

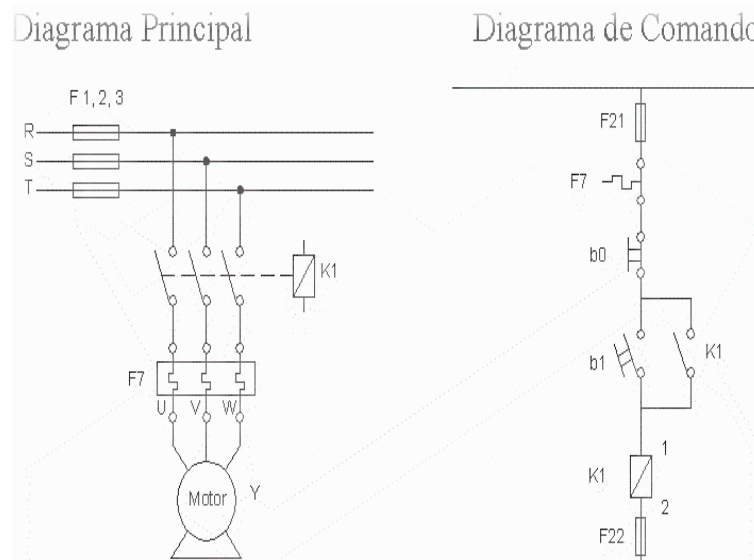


Figura 4 - Diagrama de Comando e Força
Fonte: MARQUES(2012)

2.3.1 Partida Direta

Para Franchi é o modo mais simples de se partir um motor. O estator é ligado diretamente à rede, fazendo com que o motor parta com as suas características normais. É utilizada para o acionamento de pequenos motores (abaixo de 5cv e abaixo de 10cv em instalações industriais);

Neste tipo de acionamento se tem elevada corrente de partida (6 a 8 vezes a corrente nominal do motor) que provoca queda de tensão na rede de alimentação (interferência em equipamentos ligados na mesma instalação). É necessário sobredimensionar cabos e contactores e limitar o número de manobras/hora.

2.3.2 Partida Estrela-Triângulo

Utilizada em motores em que os seis terminais estão acessíveis na placa, consiste na alimentação do motor com redução de tensão durante a fase de partida pela variação do tipo de ligação do motor. Primeiro o motor é ligado em estrela e depois em triângulo onde permanece, fazendo com que a corrente de partida seja reduzida a 1/3 quando comparada com a partida direta. Este processo de partida pode ser utilizado em motores de grande porte que partam sem carga e que possuam ligação em dupla tensão (por exemplo, 380/220V). Para este tipo de partida não existe limitações quanto ao número de manobras (FRANCHI, 2008).

2.3.3 Partida Compensadora

Franchi (2008) destaca que neste tipo de partida o motor é alimentado com tensão reduzida através de um autotransformador, que é desligado do circuito no final da partida, quando o motor recebe sua tensão nominal da rede de alimentação.

Utilizada para o acionamento de grandes motores com carga faz com que a corrente de partida seja reduzida proporcionalmente a I^2 .

2.4 INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Os conversores CC-CA são frequentemente denominados pelo setor industrial de “inversores de frequência” e são empregados no controle de motores de indução trifásicos (BOSE, 2002). São definidos como sendo conversores estáticos destinados a controlar o fluxo de energia entre uma fonte de tensão contínua e uma carga com características de fonte de corrente alternada, monofásica ou trifásica, com controle dos níveis de tensão de saída e/ou da sua frequência, dependendo da aplicação (RANIEL, 2011).

O conversor CC-CA trifásico de tensão, com forma de onda retangular na saída, é uma das estruturas mais empregadas na indústria. Sua utilização deve-se à sua eficiência em obter tensões trifásicas com frequência controlável (MARTINS; BARBI, 2005).

Ele é constituído por três braços, sendo que cada braço representa uma fase do sistema trifásico, que será conectado à carga trifásica.

Figura 5 representa o conversor.

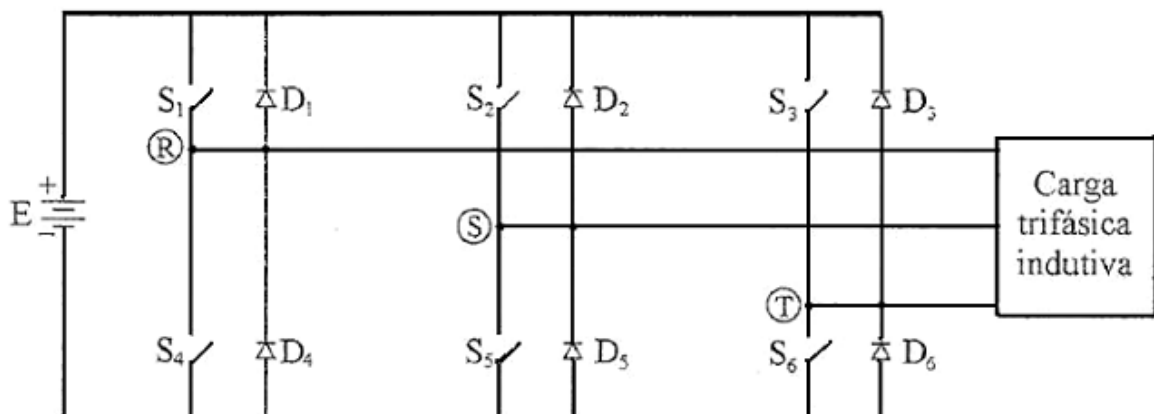


Figura 5 - Conversor CC-CA trifásico.
Fonte: MARTINS; BARBI (2005).

Para se conseguir o efeito de fonte trifásica, cada terminal de saída de cada braço inversor é conectado alternadamente a cada meio período no terminal

positivo e negativo da fonte de alimentação CC. A tensão de saída trifásica é obtida preservando um ângulo de defasagem de 120° entre as sequências de chaveamento de cada braço inversor. Desse modo tem-se, para cada braço inversor, uma tensão de saída que se encontra 120° atrasada em relação ao braço inversor chaveado anteriormente e 120° adiantada (MARTINS; BARBI, 2005).

2.4.1 Tipos de Inversores

A maioria dos inversores utilizados é do tipo escalar que só controlam a velocidade e não o torque. O tipo vetorial é utilizado quando se deseja extrema precisão de rotação, torque elevado para rotação baixa ou zero (ex: guindastes, pontes rolantes, elevadores, entre outros).

2.4.2 Dimensionamento de Inversores

Este tópico foi retirado do artigo Como Especificar Inversores de autoria de Gleston Castro, publicado na revista Mecatrônica Atual em 02 jun. 2008.

O uso do inversor de frequência é bastante difundido em instalações industriais, mas as únicas informações disponíveis para especificá-lo são a potência e a tensão do motor acionado. Para determinar corretamente o modelo a ser usado, alguns aspectos que devem ser levados em consideração. Castro(2008)

Potência e tensão do motor

Nem sempre se deve dimensionar o inversor pela potência do motor.

A especificação pode ser feita também através da corrente nominal do motor ou até mesmo pela corrente de trabalho. Isso permite usar um inversor de potência menor acionando um motor de potência maior, desde que a corrente de trabalho seja menor do que a corrente suportada pelos transistores do inversor.

Tipo de máquina

É importante observar o tipo de máquina que o motor acionado pelo inversor acionará, pois algumas delas possuem características particulares e outras podem agregar vantagens como economia de energia ou até mesmo exigir do inversor algum recurso que nem todos possuem.

Ciclo de trabalho da máquina

Como é preciso programar a rampa de aceleração e desaceleração, bem como o tipo de parada da máquina, é necessário saber qual o ciclo de trabalho para não alterar seu funcionamento. Em casos de aceleração e desaceleração muito rápidas (abaixo de um segundo), alguns ajustes (como torque inicial) ou acessórios (resistência de frenagem) podem ser necessários.

Inércia da máquina

Muitas vezes, para determinar a potência, torque, ou alguns ajustes no inversor, tudo que se precisa é do valor de inércia da máquina. Com este dado é possível calcular algumas variáveis físicas envolvidas no acionamento e determinar se existe algum ponto fraco na cadeia cinemática do acionamento (motor, redutor, acoplamento, até fusíveis). Devido à análise do comportamento das inércias existentes, pode-se constatar a ocorrência de uma regeneração energética pelo motor que deve ser administrada tecnicamente.

Tempo de aceleração e desaceleração

A observação do tempo natural de partida e parada é importante para a parametrização desses valores de modo a não causar interferência inercial durante a execução dos trabalhos.

Dependendo do caso, somente o controle da partida da máquina é desejado, pois deve acontecer em um tempo razoavelmente longo (minutos), mas de forma controlada e mantendo o torque do motor. Muitos optam pelo uso de um *soft-start*, que possui rampas de tempo similar ao inversor. Entretanto, o *soft-start* não consegue manter o torque nominal do motor sendo, portanto, pouco provável que ele realize a partida nestas condições. Castro(2008)

Velocidades mínima e máxima

Depois de definidas as rampas de tempo, é preciso analisar os limites de velocidade de trabalho. Muitas razões podem determinar a faixa de operação.

A primeira e mais óbvia é que, com a redução da velocidade, a auto-refrigeração do motor pode não ser suficiente para manter o motor funcionando por um longo período, e o ponto mínimo deve ser parametrizado no produto usado. Outro fator determinante dos limites de velocidade pode vir da própria máquina como, por exemplo, uma bomba centrífuga que não deve ter sua rotação reduzida ao extremo, pois correremos o risco de operá-la em baixo rendimento.

Referência de velocidade

A referência de velocidade é necessária para ocorrer o acionamento, pois o inversor necessita de, no mínimo, dois comandos para fazer o motor funcionar: a ordem de marcha (liga /desliga) e a referência de velocidade, que determinarão a rotação que o motor acelerará. Assim, diversas maneiras podem ser usadas para enviar esta informação ao inversor. Geralmente usa-se uma entrada analógica, que deve ser programada para ser de 0 – 10 V ou 4 – 20 mA. Com este ajuste de faixa aliado aos limites de velocidade máxima e mínima, permitem flexibilizar a rotação do motor para atender a máquina em funcionamento.

Tipo de parada

Tão importante quanto à partida, a parada deve ser analisada durante a implantação do acionamento. Basta ajustar no parâmetro específico para isso, qual o tipo de parada desejada. Outras vezes o controle deve ser feito e o tempo solicitado pela aplicação deve ser ajustado no inversor. A modalidade de frenagem básica é a injeção de corrente contínua no fim da desaceleração, que permite a parada total da máquina e o travamento do eixo do motor por um breve período de tempo.

Comando a dois fios ou três fios

A forma de informar o inversor de como e em que momento é necessário ligar e desligar a máquina, também pode ser parametrizada. Basicamente, duas ligações elétricas externas são implementadas e a que for escolhida para comandar deve ser ajustada no inversor. A primeira é a ligação de dois fios, onde o sinal é mantido enquanto é desejável que o inversor se mantenha operando (ou não). Este método é mais usado para comando via CLP, cuja saída digital pode ser programada, ou um contactor que se mantenha energizado e retido eletricamente.

A segunda ligação é a de três fios, onde o sinal é pulsado, mais utilizada com a colocação de botoeira diretamente na régua de terminais do inversor. Para a ligação acontecer, o inversor dispõe de uma fonte CC interna de 24 volts e os esquemas de ligação podem ser vistos na figura 6.

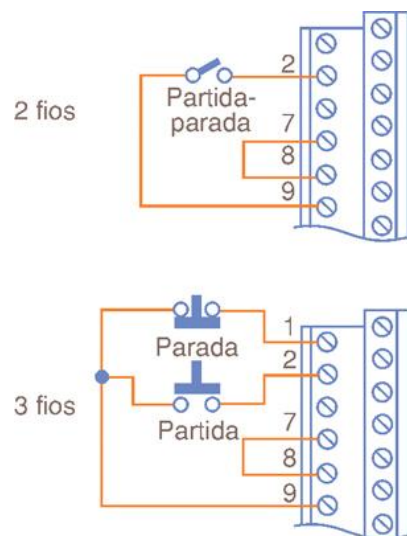


Figura 6 – Comando do inversor a dois ou a três fio.
Fonte: CASTRO(2008)

Outra preocupação é reversão do sentido de giro e se a alimentação será fornecida pelo próprio inversor ou será externa. Estes detalhes devem ser compatibilizados para que o acionamento aconteça da maneira correta.

Resistor de frenagem

Quando a desaceleração é realizada através de rampa, pode ser necessário o emprego de uma resistência de frenagem, determinar se o inversor possui o sétimo transistor IGBT ou se é preciso incluir um módulo de frenagem. Esta análise impacta no desempenho do acionamento, bem como em custos adicionais e espaço para peças. A má especificação desta resistência, assim como a não utilização dela podem acarretar acidentes, inclusive com risco para os operadores.

2.5 PARTIDA DE MOTORES COM INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Os inversores permitem o controle do nível da tensão e da frequência de alimentação do motor. A vantagem desta solução é que mantida a razão entre a tensão e a frequência de alimentação, o torque elétrico produzido não sofre redução como na partida estrela-triângulo e autotransformador por exemplo.

Os inversores possibilitam que os motores sejam acionados suavemente, sem trancos. Com isso, reduz-se a quebra de elementos de transmissão como correntes e rodas dentadas, ocorrências frequentes em virtude do esforço adicional provocado pelos motores com partida direta. Outra vantagem é a economia de energia.

A velocidade de rotação de um motor de indução trifásico pode ser modificada através da variação do escorregamento, do número de polos do motor ou da frequência da tensão imposta no estator. A utilização de inversores de frequência tem sido o mais eficiente método aplicado na variação da velocidade de rotação de motores de indução (WEG², 2009).

Os inversores transformam a tensão da rede de frequência constante em uma tensão com frequência e amplitude variáveis, fazendo a velocidade do campo girante variar. Este dispositivo eletrônico permite controle à distância (controle do dispositivo inversor de frequência através de comunicação serial), redução de custos (limitação da corrente de partida), aumento da produtividade (velocidade operacional adequada ao processo), eficiência

energética (rendimento elevado da ordem de 97%) e proporciona rapidez para os sistemas de posicionamento (partidas e frenagens em milésimos de segundo) (WEG², 2009).

2.5.1 Partida e Frenagem utilizando Inversores de Frequência

Tanto na partida quanto na frenagem o inversor de frequência trabalha com rampas. Na partida, tem-se o que é denominado de rampa de aceleração, onde a velocidade pode variar de zero até a velocidade desejada, com tempo ajustável na faixa de milésimos de segundo. Esta característica proporciona muitas vantagens aos sistemas de controle de posição nos quais se exigem rapidez e limitação da corrente de partida, mesmo com carga acoplada ao eixo do motor.

A frenagem elétrica é utilizada em processos que exigem paradas rápidas. Durante a frenagem a frequência do rotor é maior do que a frequência do estator, provocando um fluxo reverso da energia do rotor para o estator (COVINO; GRASSI; PAGANO, 1997). A frenagem é controlada através de uma rampa de desaceleração, caracterizada por uma redução controlada da frequência aplicada ao motor. Este tipo de frenagem elétrica é aplicada quando os requisitos de parada não são muito rígidos, o que garante níveis seguros de temperatura do motor em ciclos de parada muito repetitivos, ao contrário do que ocorre em um processo de frenagem por injeção de corrente (WEG¹, 2005). A figura 7 ilustra as rampas de aceleração e desaceleração que podem ser ajustadas no inversor de frequência.

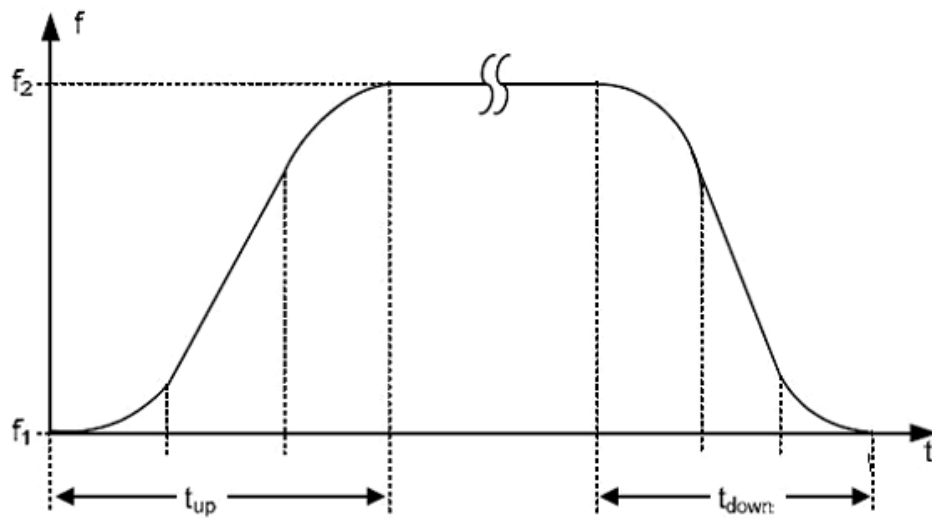


Figura 7- Rampas de aceleração e desaceleração geradas pelo inversor de frequência.
Fonte: SIEMENS(2006)

A figura 8 apresenta uma curva típica de um motor de indução e as regiões de funcionamento (FITZGERALD; KINGSLEY; UMANS, 2006).

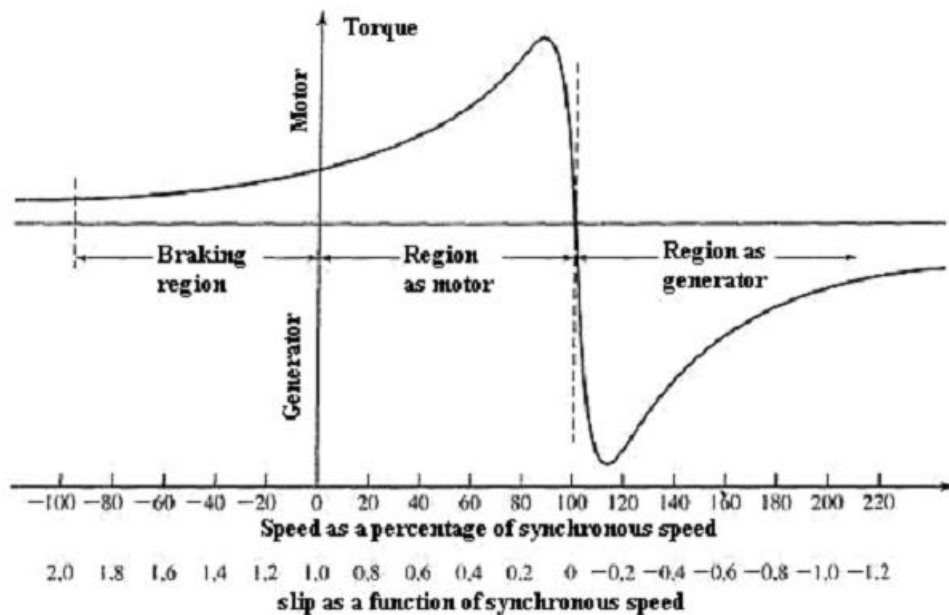


Figura 8 - Regiões de operação do motor de indução trifásico.
Fonte: FITZGERALD; KINGSLEY; UMANS (2006).

Com o motor de indução em funcionamento na região motor, quando se inicia a frenagem, a velocidade síncrona (ou frequência do estator) torna-se

menor do que a velocidade do motor (velocidade do rotor) e a máquina passa a operar com o escorregamento negativo. O torque eletromagnético do motor torna-se negativo e este é frenado.

Nesse estado o motor opera como gerador com a energia cinética (do motor e da carga) convertida em energia elétrica (WEG¹, 2005).

Uma parte da energia de frenagem é dissipada em perdas no motor e o restante é dissipada em resistências auxiliares no próprio inversor de frequência ou recuperada pelo barramento primário (COVINO; GRASSI; PAGANO, 1997).

Existem a frenagem por inversão de fases, a frenagem dinâmica pela aplicação de corrente contínua em uma das fases do motor (não garante níveis seguros de temperatura quando o número de frenagens for elevado) e a frenagem por atrito através de um freio eletromagnético (freio de Foucault).

2.6 ACOPLADORES ÓPTICOS

Os módulos de acoplamento óptico, mais conhecidos pelo nome inglês *optocoupler*, são indispensáveis na construção de um sistema de controle. Estes são necessários para amplificar e adaptar sinais, separar potenciais, transferir potenciais para outras partes do sistema, aumentando a imunidade a interferências (MURR ELEKTRONIK, 2012).

A figura 9 mostra um tipo de acoplador óptico.



Figura 9 – Acoplador Óptico

Fonte: Murr Elektronik(2012).

2.7 SENSORES INDUTIVOS

Para Rosário(2010) os sensores indutivos são equipamentos capazes de detectar a aproximação de peças, componentes, elementos de máquinas, etc. em substituição as tradicionais chaves fim de curso. A detecção ocorre sem que haja contato físico, aumentando a vida útil do sensor por não possuir peças moveis sujeitas a desgastes mecânicos.

Os sensores indutivos são sensores de proximidade, ou seja, geram um sinal de saída quando um objeto metálico (aço, alumínio, latão, cobre, etc.) entra na sua área de detecção, vindo de qualquer direção, sem que seja necessário contato físico.

2.8 TRANSMISSÃO POR CORREIAS

Transmissões por correias são muito utilizadas devido a sua grande versatilidade e campos de aplicação.

A maneira de transmissão de potência se dá por meio do atrito que pode ser simples, quando existe somente uma polia motora e uma polia movida ou múltipla, quando existem polias intermediárias com diâmetros diferentes. A transmissão pode ser afetada por alguns fatores, dentre os principais a falta de atrito, pois quando em serviço, a correia pode deslizar e, portanto não transmitir integralmente a potência. Entre suas características estão: baixo, custo podem transmitir grandes quantidades de energia.

As correias são divididas em três tipos: Planas, Em V e Trapezoidal, podendo ser constituídas de diversos materiais como borracha, polímeros sintéticos, tiras metálicas, couro, etc.

O dimensionamento e a seleção de uma correia para determinada aplicação envolve normalmente a análise de diversas soluções e a melhor opção é em geral um equilíbrio entre características conflitantes, como durabilidade da correia, custo das polias, espaço físico, etc.

2.9 FILTRO DE LINHA DE FORÇA

Para Schaffner(2012) os filtros de linha de força são equipamentos que restringem interferências eletromagnéticas. Com modelos para diversos níveis de correntes, ele deve se caracterizar pelo pequeno volume e pela corrente de fuga reduzida, a fim de cumprir diretivas de compatibilidade eletromagnética em circuitos de energização a quatro fios (trifásicas com neutro), aplicações em altas potências e instalações que agrupem grande número de acionamentos, cabeamento extenso e elevados índices de interferência. A figura 10 mostra um filtro de linha de força.



Figura 10 – Filtro de linha
Fonte: schaffner corporate(2012)

2.10 MOTOR TRIFÁSICO COM MOTOFREIO (MOTOFREIO TRIFÁSICO)

É formado por um motor de indução acoplado a um freio com disco. O motor é fechado, com ventilação externa e o freio é constituído de duas pastilhas e com o mínimo de partes moveis, provendo pouco aquecimento por atrito. O sistema de ventilação é responsável pelo resfriamento do motor, assim, o conjunto motor e freio forma uma unidade bastante compacta (SEW Eurodrive).

O freio é ativado por um eletroímã, cuja bobina opera normalmente dentro de uma faixa de tensão de $\pm 10\%$, cuja alimentação é fornecida por uma fonte de corrente contínua constituída por uma ponte retificadora, alimentada diretamente pela rede elétrica local.

O circuito de alimentação do eletroímã é acionado pelo mesmo circuito de comando do motor. Assim, quando o circuito de comando do motor for desligado, a fonte de alimentação do eletroímã é interrompida, liberando as molas de pressão que pressionam as pastilhas de metal do disco de frenagem, rigidamente presas ao eixo do motor. As pastilhas são comprimidas pelas duas superfícies de atrito, sendo uma formada pela tampa e a outra pela própria armadura do eletroímã.

Para que haja o deslocamento da armadura do eletroímã pela ação da mola é necessário que a força eletromagnética seja inferior à força exercida pela mola, que ocorre quando o motor é desligado da rede. Da mesma maneira, quando o motor é acionado, o eletroímã é energizado, atraindo a sua armadura na direção oposta à força da mola, fazendo com que o disco de frenagem gire livre, sem atrito.

A aplicação do motofreio é restrita às atividades industriais, quando há necessidade de paradas rápidas para requisitos de segurança, bem como de precisão no posicionamento das máquinas, como, por exemplo: guindastes, elevadores, pontes rolantes, correias transportadoras, bobinadeiras entre outros.

Não é aconselhável a aplicação de motofreio em atividades que possam provocar a penetração de partículas abrasivas, bem como, água, óleo, entre outros, de forma a reduzir a eficiência do sistema de frenagem ou mesmo danificá-lo. O calor gerado pelo atrito durante a operação de frenagem deve ser retirado pelo sistema de ventilação do motor.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 DESCRIÇÃO DA MÁQUINA

A máquina ENC 3000 apresentada na figura 11, foi desenvolvida para inserir “chips” eletrônicos em cartões plásticos. Os “chips” entram no equipamento aos pares na forma de uma fita. Os cartões plásticos podem ser coloridos ou transparentes. O material de que são constituídos pode ser PVC (Cloroeto de Polivinila), ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), PET (Politereftalato de Etileno), PTEG (Polietileno Tereftalato modificado com Glicol), PC (Policarbonato) ou PC-ABS. A cavidade onde o chip é acomodado pode ser usinada ou moldada. As dimensões dos cartões obedecem às normas ISO/EN 7810, 7816 ou CEN/TC 224. A tolerância na posição de inserção do “chip” é de 30 µm no eixo “X” e “Y”, com capacidade de produzir 3000 cartões por hora.

A ENC 3000 inclui os seguintes equipamentos:

- Estação de alimentação de cartões
- Estação de verificação de cor dos cartões
- Estação de rejeito de cartões
- Estação de inserção de “chips”
- Estação de corte e avanço dos “chips”
- Estação de pressão e aquecimento dos “chips”
- Estação de resfriamento dos “chips”
- Estação de teste elétrico dos “chips”
- Estação de gravação dos “chips”
- Estação de saída de cartões
- Esteira de transporte de cartões



Figura 11 – Máquina ENC 3000
Fonte: Manual de operação/manutenção ENC 3000

3.1.1 Funcionamento da Máquina

A máquina é abastecida por um operador que coloca os cartões plásticos em um magazine com capacidade de 500 unidades, a partir daí esses cartões são transportados através de uma esteira até a estação onde o “chip” é inserido. Nessa parte da máquina os *chips*, que chegam na forma de uma fita, são cortados, pré aquecidos e finalmente inseridos nos cartões plásticos, em seguida os “chips” são pressionados nos cartões por estruturas chamadas de cabeças de pressão, são quatro cabeças em alta temperatura que fazem a ativação da cola do “chip” na plástico do cartão. Finalizando o processo, os cartões são transportados pela esteira até o magazine de saída, onde o operador retira os cartões prontos.

3.2 A ESTAÇÃO A SER MODIFICADA: “TURRET”

A estação “*turret*”, figura 12, é a parte da máquina que faz a inserção dos chips e é a que será modifica. Ela possui um motor trifásico acoplado a um redutor,

esse conjunto motor/redutor movimenta uma torre de quatro posições de 90° em 90°, executando os processos de corte, pré-aquecimento e inserção do chip.



Figura 12 – Estação “Turret”
 Fonte: Manual de operação/manutenção ENC 3000

3.2.1 Funcionamento da Estação “Turret”

Após pegar um chip, a máquina manda a estação “turret” executar o primeiro movimento de 90°, saindo da ferramenta de corte em direção ao pré-aquecimento do chip, depois de ficar o tempo necessário para esse processo ela faz o próximo movimento de 90° para a inserção no cartão plástico, que é feito por um atuador pneumático, em seguida o ultimo movimento de 90° é feito, nessa posição a máquina joga os chips defeituosos, caso tenha encontrado algum durante o processo, em seguida o ciclo recomeça. O funcionamento lógico da estação “turret” pode ser visualizado na figura 13.

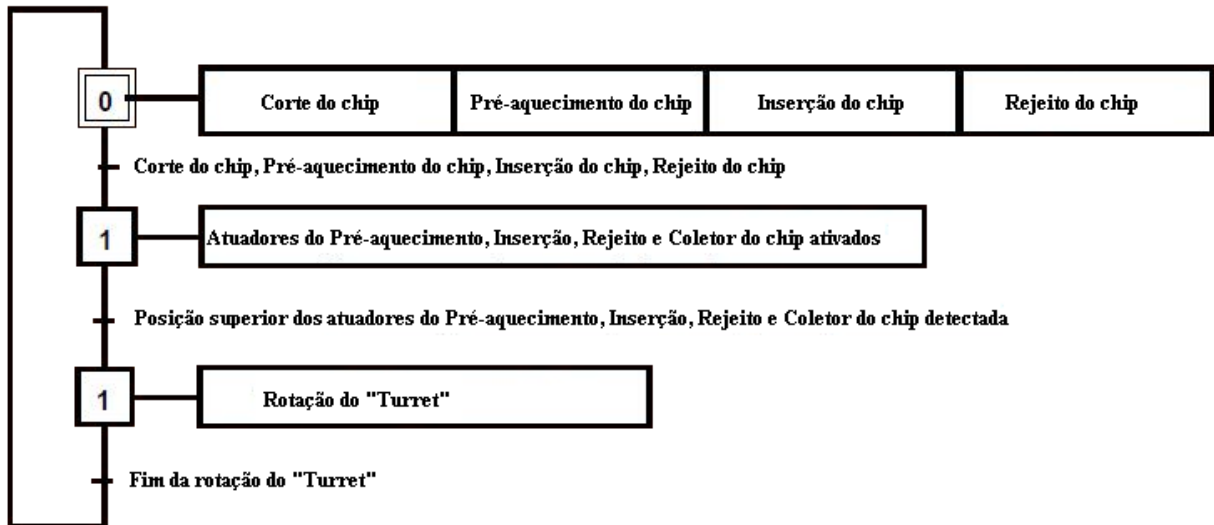


Figura 13 – Diagrama lógico de operação "Turret"
Fonte: Manual de operação/manutenção ENC 3000

A precisão dos movimentos e das paradas da estação "turret" é muito importante para a qualidade do produto final, no eixo que faz a movimentação do conjunto, existe um disco com áreas coloridas, indicando onde está o ponto de parada ideal do conjunto. Esse ponto está dentro dos limites da área azul, como pode ser visualizado na figura 14.



Figura 14 – Indicador de posição da estação "Turret"
Fonte: Manual de operação/manutenção ENC 3000

3.3 PESQUISA E ESCOLHA DO INVERSOR

Para fazer a alteração na máquina foi necessário encontrar um inversor robusto e confiável, capaz de atender as nossas necessidades. Começamos a estudar catálogos de alguns fabricantes como: Siemens, Schneider Electric, WEG, entre outros. Dentre os fatores que analisados, estavam a confiabilidade, facilidade de operação e instalação, custo e disponibilidade do produto. Depois de concluída essa pesquisa, optamos pelo inversor WEG da serie CFW-09.

3.4 INVERSOR WEG CFW09

Os inversores de frequência WEG, série CFW-09, incorporam a mais avançada tecnologia disponível mundialmente para acionamento de motores CA de indução trifásicos. A *tecnologia Vectrue* representa um avanço significativo, permitindo à nova geração de inversores WEG incorporar em um único produto técnicas de controle *Escalar, Vetorial Sensorless e Vetorial com Encoder*, sendo facilmente programável, via parâmetro, pelo próprio usuário. Inovações também foram introduzidas para atender aplicações que exigem frenagem, onde um novo recurso denominado “*Optimal Braking*” pode ser utilizado sem a necessidade de instalação de resistor de frenagem, tornando a solução simples, compacta e mais econômica.

A tecnologia *Vectrue* desenvolvida pela WEG para inversores destinados a aplicações de variação de velocidade em motores CA de indução trifásicos, apresentando as seguintes vantagens:

- Controle escalar e vetorial programáveis no mesmo produto;
- Controle vetorial sensorless e opcionalmente com encoder;
- Controle vetorial sensorless com alto torque e rapidez na resposta, mesmo em velocidades muito baixas e na partida;
- Auto ajuste adaptando automaticamente o controle vetorial ao motor e à carga.

Para aplicações que exijam tempos de parada reduzidos e/ou paradas de cargas de elevada inércia, os inversores tradicionais utilizam-se da Frenagem Reostática, onde a energia cinética da carga é regenerada ao link DC do inversor e cujo excesso é dissipado sob a forma de calor em um resistor de frenagem, interligado ao circuito de potência. Os inversores CFW-09 incorporam a função “*Optimal Braking*®”, para o modo vetorial, a qual possibilita uma frenagem ótima capaz de atender a muitas aplicações até então somente atendidas pelo método da frenagem reostática. Esta inovação tecnológica permite obter acionamentos de alta performance dinâmica, com torques frenantes da ordem de 5 vezes o torque característico de uma frenagem CC, além da grande vantagem de dispensar o uso do resistor de frenagem.

Vantagens Adicionais:

- Microcontrolador de alta performance tipo RISC 32 bits;
- Controle Vetorial e Escalar selecionável via parâmetro;
- Interface Homem-Máquina destacável com duplo display (LCD e LED);
- Ampla gama de potências: 1 a 1500 CV;
- Dimensionamentos para Torque Constante e Torque Variável;
- Grau de proteção NEMA 1 / IP 20 padrão até 200 CV, IP 20 até 500 CV e NEMA 4x / IP 56 em aço inox até 10 CV;
- Elevada compactação;
- Instalação e programação simplificadas;
- Posta em marcha (*start-up*) orientado;
- Possibilidade de fixação via flange, com dissipador atrás da placa de montagem;
- Programação e monitoração via microcomputador PC com software SUPERDRIVE (opcional);
- Link DC acessível para alimentação em corrente contínua ou retificador regenerativo;
- Comunicação em redes *FieldBus*: *ProfiBus* DP, *DeviceNet*, *EtherNet* ou *DeviceNet Drive Profile* (opcional). Também disponível *Modbus* RTU (incorporado);
- Certificações Internacionais UL e cUL, CE, C-Tick e IRAM.

A figura 15 apresenta o inverso CFW 09.



Figura 15 – Inversor WEG CFW09
Fonte: WEG² (2005)

3.5 PARAMETRIZAÇÃO DO INVERSOR

O inversor WEG CFW09 vem de fábrica com alguns parâmetros pré-estabelecidos, porém foi necessário a alteração de alguns e inserir parâmetros novos para adequar a nossas condições de uso e especificações do motor. A tabela abaixo mostra os parâmetros que foram inseridos e os que foram alterados para o funcionamento adequado do inversor.

Tabela 1 – Parâmetros do Inversor (continua)

Parâmetro	Descrição	Valor	Unidade
P001	Referencia de velocidade	1750	RPM
P002	Velocidade do Motor	1750	RPM
P003	Corrente do Motor	2,7	A
P100	Tempo de Aceleração	0,3	s
P101	Tempo de Desaceleração	0,1	s
P102	Tempo de Aceleração 2º rampa	0,4	s
P103	Tempo de Desaceleração 2º rampa	0,5	s

Tabela 1 – Parâmetros do Inversor (conclusão)

P145	Velocidade de início de enfraquecimento de campo	1750	RPM
P151	Nível de atuação da regulação da tensão do Link CC (controle V/F / controle vetorial com frenagem ótima)	400	V
P156	Corrente de Sobrecarga 100%	2.8	A
P157	Corrente de Sobrecarga 50%	2.3	A
P158	Corrente de Sobrecarga 5%	1.4	A
P169	Máxima corrente de saída	5	A
P202	Tipo de Controle	60	Hz
P301	Velocidade de início	450	RPM
P302	Tensão CC de Frenagem	6.8	%
P365	Nível de cabo solto	0,25	A
P366	Nível de carga leve	0,75	A
P367	Nível de sobrepeso	2,75	A
P400	Tensão nominal do motor	380	V
P401	Corrente nominal do motor	2,5	A
P402	Velocidade nominal do motor	1750	RPM
P403	Frequência nominal do motor	60	Hz
P404	Potencia nominal do motor	4	(1,5CV/1,1KW)

Fonte: Autoria própria

3.6 INSTALAÇÃO DO INVERSOR

Após o estudo prévio da máquina e do material necessário, iniciamos a primeira etapa da instalação do inversor, ela ocorreu durante uma parada para manutenção preventiva, nessa etapa, fixamos o inversor na máquina e alteramos a ligação elétrica para este novo equipamento. Em seguida começamos a segunda

etapa, parametrizar o inversor de acordo com o manual do inversor e as especificações do motor. A instalação física e elétrica levou cerca de 2 horas, já a parametrização tomou mais tempo, foi necessário muitas horas de acompanhamento da produção até que encontrássemos o tempo de aceleração, desaceleração, velocidade de rotação, entre outros parâmetros que estabilizassem a máquina.

A figura 16 mostra o inversor instalado no painel da máquina.

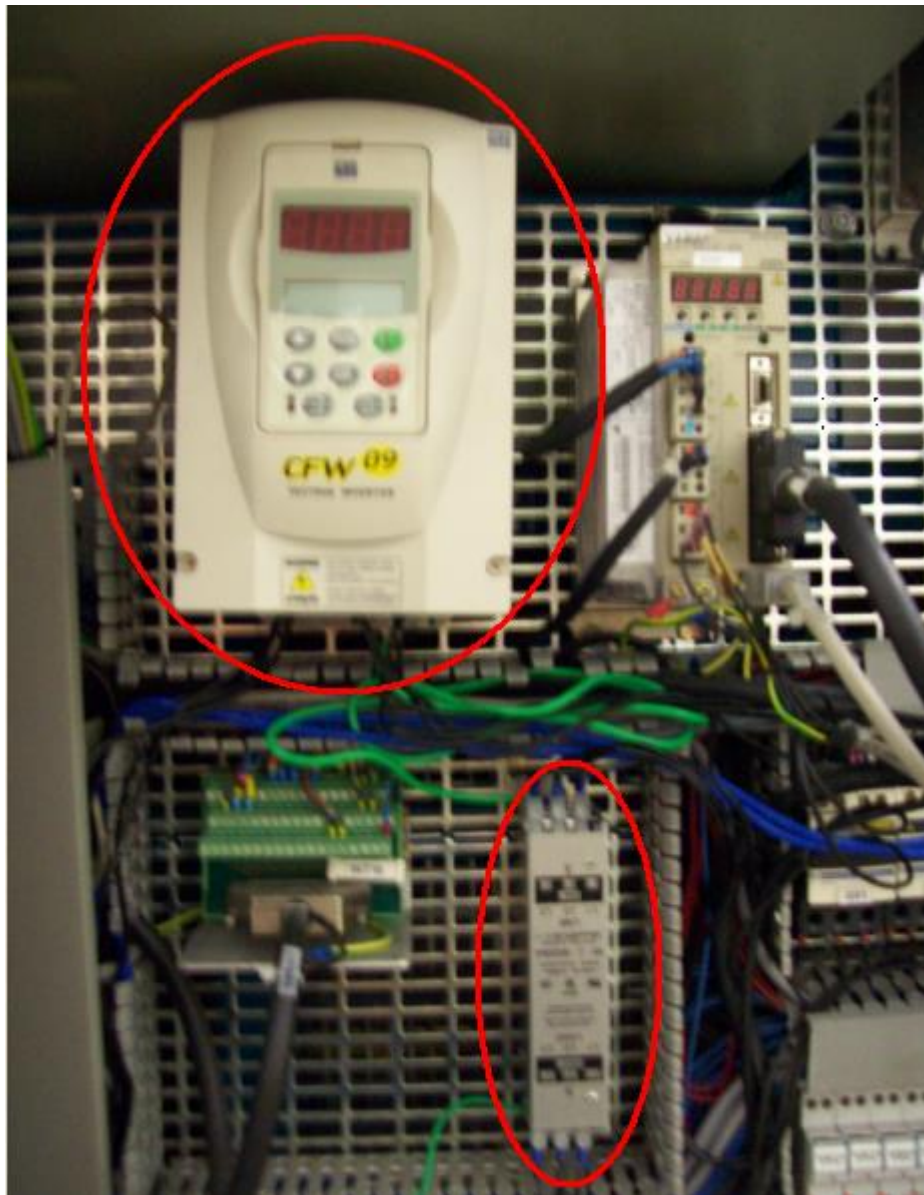


Figura 16 – Inversor e Filtro de Linha de Força instalados
Fonte: Autoria própria

4 RESULTADOS OBTIDOS

Como esperado a instalação do inversor de frequência foi um sucesso, o número de falhas da estação “*turret*” decorrente da parada fora da posição ideal caiu à zero, como pode ser visto no anexo C. Outro problema ocasionado por esta falha: variação na posição do chip no cartão, também foi praticamente solucionado.

5 CONCLUSÃO

O uso do inversor de frequência no lugar do freio eletro mecânico trouxe uma serie de vantagens no processo de inserção dos “chips”. Eliminou as falhas por parada fora de posição do motor, mantendo a velocidade de produção do equipamento. Outro beneficio será a redução do custo de manutenção, já que, o inversor não sofre desgaste mecânico e possui uma vida útil bastante longa.

A instalação do inversor na máquina ENC 3000 trouxe uma confiabilidade maior para o processo como um todo, desde o planejamento que pode prever com mais exatidão o volume diário de produção, com menos paradas por falhas, até o setor da qualidade que não necessita mais inspecionar 100% dos cartões produzidos pela máquina. Outro ponto positivo é a diminuição no volume de rejeitos, trazendo economia para a empresa e redução de resíduos que seriam descartados para o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AGUIAR J. **Curso de Manutenção eletrônica Analógica**. Disponível em: <www.biblioteca24horas.com.br> Acesso em: 03 dez. 2012

BOSE, B. K. **Modern power electronics and AC drives**. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2002. 935 p.

CASTRO, Gleston. **Como especificar um Inversor de Frequência?** Artigo publicado na revista Mecatrônica Atual em 02 jun. 2008.

COVINO, M.; GRASSI, M. L.; PAGANO, E. **Analysis of braking operations in present-day electric drives with asynchronous motors**. IEE review, London, p. 1–3, 1997. 10.1109/IEMDC.1997.604144

CYRIL, W. Lander. **Inversor de frequência**. Disponível em: www.faatesp.edu.br/publicacoes/inversor1.pdf. Acesso em: 10 jul. 2012.

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY JUNIOR, C.; KUSKO, A. **Máquinas elétricas: conversão de energia, processos, dispositivos e sistemas**. Brasil: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 618 p.

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY JUNIOR, C.; UMANS, S. D. **Máquinas elétricas: com introdução à eletrônica de potência**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 643 p.

FRANCHI, C.M. **Acionamentos Elétricos**. 4^a. ed. São Paulo: Érica, 2008.

GUEDES, Manuel Vaz. **O Motor de Indução Trifásico – seleção e aplicação**. FEUP, 1994.

GUIA TÉCNICO. **Motores de indução alimentados por inversores de frequência PWM**. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-de-inducao-alimentados-por-inversores-de-frequencia-pwm-027-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2013

Manual de operação/manutenção ENC 3000

MARTINS, D. C., BARBI, I. **Eletrônica de potência**: introdução ao estudo dos conversores CC-CA. Florianópolis: Ed. dos Autores, 2005. 394p.

MARQUES, Cíntia Gonçalves M. S. **Comandos Elétricos**. Disponível em: http://www.cefetsp.br/edu/jaan/com_ele.html. Acesso em: 25 jul. 2012.

MOSER, João Carlos. **Monitoração de CCM Inteligente**. Trabalho de Conclusão de curso, UTFPR. 2011

MURR ELEKTRONIK. **Catálogo Online Optocouplers / Semiconductors**. Disponível em: http://www.murrelektronik.com.br/pt/company/local_agency /> Acesso 07 dez. 2012.

PRUDENTE, Francesco. **Automação Industrial**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

RANIEL, Thiago. **Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Controle de Posição e Velocidade de uma Esteira Transportadora usando Inversor de Frequência e Microcontrolador**. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, 2011

RICHARD M. Stephan. **Acionamento, Comando e Controle de Máquinas Elétricas**. UFRJ. Rio de Janeiro

ROSÁRIO, João Mauricio. **Robótica Industrial 1 Modelagem, Utilização e Programação**. São Paulo: Baraúna, 2010.

SALES, Roberto. **Manual de Motores Elétricos e Acionamentos**. Disponível em: <http://www.joinville.ifsc.edu.br/~roberto.sales/PIP/Apostilas%20e%20manuais/Motores/Manual%20-%20Motores%20EI%C3%A9tricos%20e%20Acionamentos%20WEG.pdf> . Acesso em: 11 jul. 2012.

SCHNEIDER ELECTRIC. **Apostila do Workshop Sobre Instalações Elétricas De Baixa Tensão – Eficiência Energética e Acionamentos de Motores**. Edição Março de 2003.

SCHAFFNER **Catálogo de Filtros de linha de força**. Disponível em: www.schaffner.com/us Acesso em: 10 dez. 2012.

SIEMENS. **Micromaster 420 – parameter list**. Germany: Siemens, 2006. 196 p.

SEW-EURODRIVE Catálogos. Disponível em: <http://br.sew-eurodrive.com/support/index.php>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

SOUZA, Geraldo Teles **Maquinas e Comandos Elétricos**. Disponível em: http://pessoal.utfpr.edu.br/mariano/arquivos/Apostila_Maquinas.pdf . Acesso em: 25 e jul. 2012.

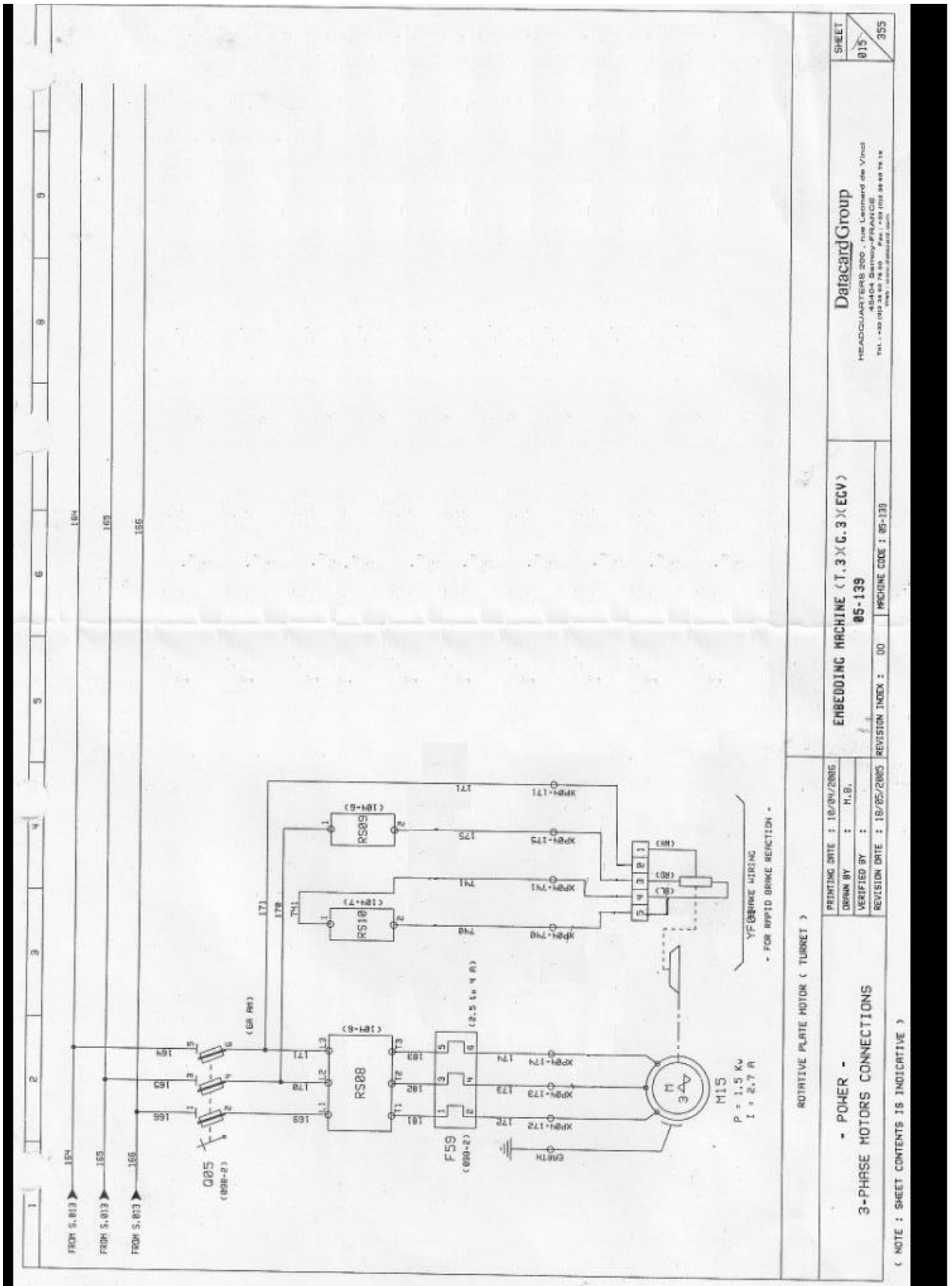
ULIANA, Jorge E. **Apostila de Comando e Motores Elétricos**. Curso Técnico em Plásticos.2011. Disponível em: <<http://apostilas.netsaber.com.br/apostilas/1077.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM. **Inversor de Frequencia**. Disponível em: <www.ufsm.br/desp/luizcarlos/aula2of2.pdf>. Acesso em: 06 out. 2012.

WEG¹. **Guia de aplicação: inversores de frequência**. 3. ed. Jaraguá do Sul: Weg e ISA Engenharia, 2005. 143 p.

WEG². **Guia técnico – motores de indução alimentados por inversores de frequência PWM**. Jaraguá do Sul: WEG Equipamentos Elétricos, 2009. 36 p.

ANEXO A – ESQUEMA ELÉTRICO ORIGINAL DA MÁQUINA



Datacard Group
HEADQUARTERS 200 - rue Lecornier de Vincis
TEL : +33 (0)3 28 80 78 80 Fax : +33 (0)3 28 80 78 78
www.datacardgroup.com

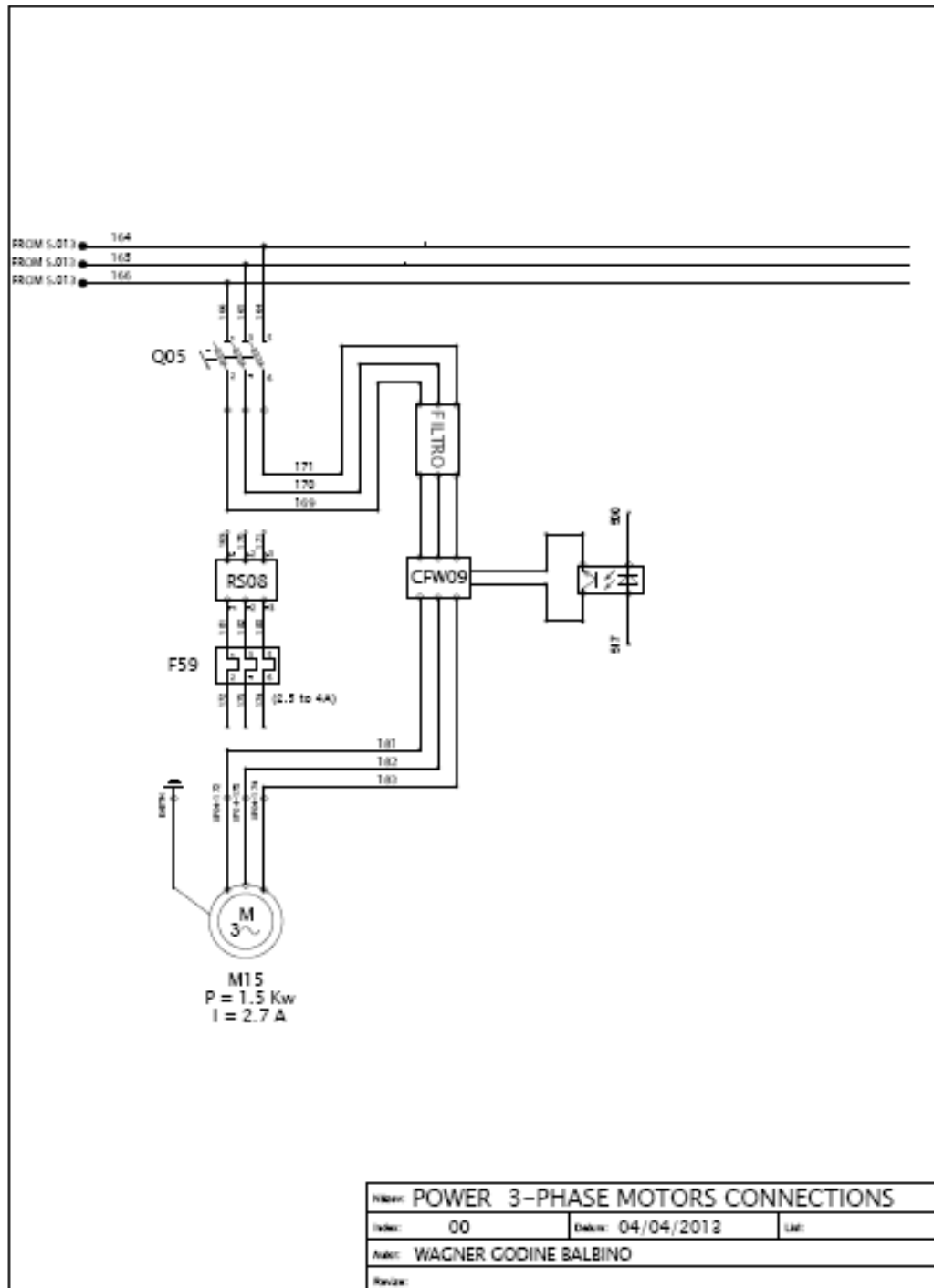
EMBEDDING MACHINE (T.X.G.3XCV)
85-139
REVISION INDEX : 00 MACHINE CODE : 05-139

PRINTING DATE : 18/01/2005
DRAWN BY : H.B.
VERIFIED BY :
REVISION DATE : 18/05/2005

ROTATIVE PLATE MOTOR (TURRET)
- POWER -
3-PHASE MOTORS CONNECTIONS
(NOTE : SHEET CONTENTS IS INDICATIVE)

SHEET 015 / 055

ANEXO B – ESQUEMA ELÉTRICO MODIFICADO



ANEXO C - GRÁFICO DE FALHAS DE INSERÇÃO

