

Controle e velocidade de motores de indução trifásica em malha fechada

Vinícios Rangel*
Wenderson Cardoso**
Wallace Roberto***

Resumo

Necessitamos do controle de velocidade de motor em malha fechada para evitarmos problemas que possam acontecer devido ao fluxo desordenado em uma linha de produção, e a possibilidade de ocasionar uma alta pressão na linha que cause acidentes ou fluxo baixo e saturado.

Palavras-chave: Motores de indução trifásica. Malha fechada.

Introdução

Os motores elétricos exercem um importante papel na sociedade moderna industrial, estando presentes em diversos setores, tais como: a indústria, o comércio, a agricultura entre outros. Tal ideia é facilmente confirmada quando se observa que eles utilizam quase 50% de toda energia consumida no mundo. Portanto o aperfeiçoamento e aprimoramento dos motores e acionamentos elétricos têm importância não só do ponto de vista tecnológico-científico, mas também, econômico-financeiro. Os motores de corrente contínua (CC) exerciam forte predomínio em sua utilização, haja vista que possui ampla faixa de controle de velocidade, torque e posição e com métodos de controle mais baratos que os acionamentos em corrente alternada (CA). No entanto os motores CA possuem algumas vantagens sobre os motores CC: são mais leves (20% a 40% que os motores CC equivalentes), de menor custo, necessitam de pouca manutenção e são construtivamente mais simples e robustos.

Quanto ao acionamento e controle de velocidade, pode-se dizer que com o desenvolvimento da eletrônica de potência, houve uma significativa diminuição nos custos do acionamento CA. Desta forma, o motor CA passa a ter preferência em uma série de aplicações onde se exija controle de velocidade como no funcionamento de motores em malha fechada para um fluxo constante com o funcionamento dos motores em sincronismo evitando erros e acidentes nas linhas de produção.

Desenvolvimento dos circuitos de controle e potência do inversor

O microcontrolador PIC 16F877 da Microchip foi utilizado na geração do sinal PWM para o inversor trifásico utilizado no acionamento do MIT. Esse microcontrolador possui saídas PWM que podem ser configuradas através de uma apropriada programação gerando as três saídas PWM para a alimentação das fases do motor. A Figura 1 mostra a saída da configuração PWM do microcontrolador, a qual é definida pelo contador TMR2 que define sua razão cíclica. Como esse microcontrolador possuía apenas duas saídas PWM, um processo de multiplexação dos sinais foi elaborado sendo necessário, para tal, trabalhar com um índice de modulação maior que a unidade para gerar as três saídas PWM necessárias para alimentar o MIT. No entanto, um índice de modulação elevado implicou a geração de um maior conteúdo harmônico na forma de onda de corrente obtida.

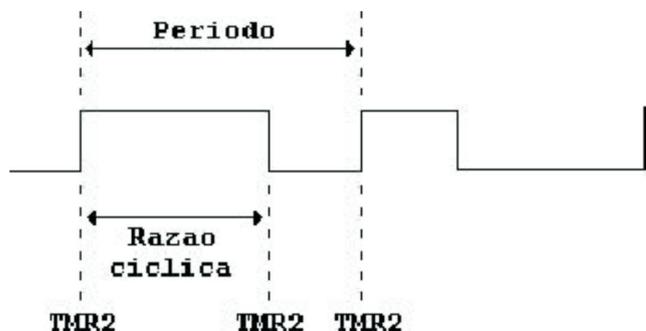


Figura 1 – Razão cíclica do microcontrolador

Três placas foram construídas para controle e funcionamento do inversor. Uma placa de geração de pulsos PWM, em que se tem o inversor e um conjunto de portas lógicas para fazer a multiplexação dos sinais PWM e gerar as saídas para as três fases do motor. Uma placa de amplificação e ataque do gatilho, que também é responsável pela isolamento dos sinais, utilizando fotoaclopadres, para cada uma das fases e amplificação do nível de tensão que dispara o gate das chaves eletrônicas (MOSFET's) na placa de potência. Um circuito “snubber” que evita

* Técnico em Eletrônica pelo IF Fluminense, Campus Campos-Guarus
** Técnico em Eletrônica pelo IF Fluminense, Campus Campos-Guarus
*** Técnico em Eletrônica pelo IF Fluminense, Campus Campos-Guarus

sobrecarga de energia na chave em sua abertura com diodo de roda livre, para providenciar um caminho de circulação da corrente quando a chave é aberta (Figura 2).

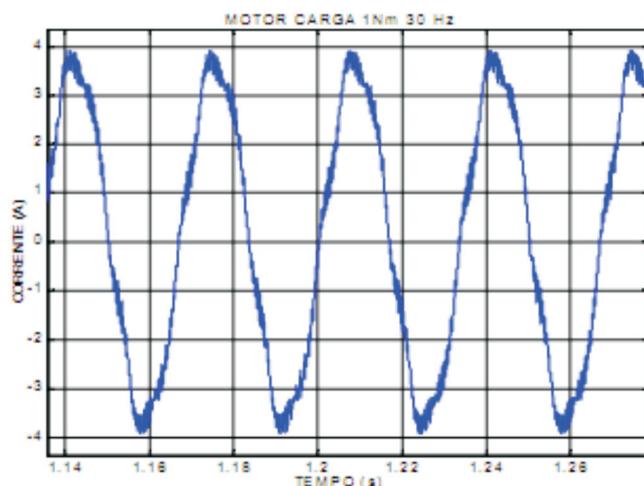


Figura 2 – Corrente de fase do motor a vazio/30Hz

Controle escalar (V/Hz) em malha fechada

Nesta técnica, o erro do laço de velocidade gera uma referência de escorregamento ω_{sl}^* via o controlador Proporcional-Integral (PI) e um limitador. O escorregamento é somado ao sinal de realimentação de velocidade para gerar o comando de frequência como mostra a figura 3.

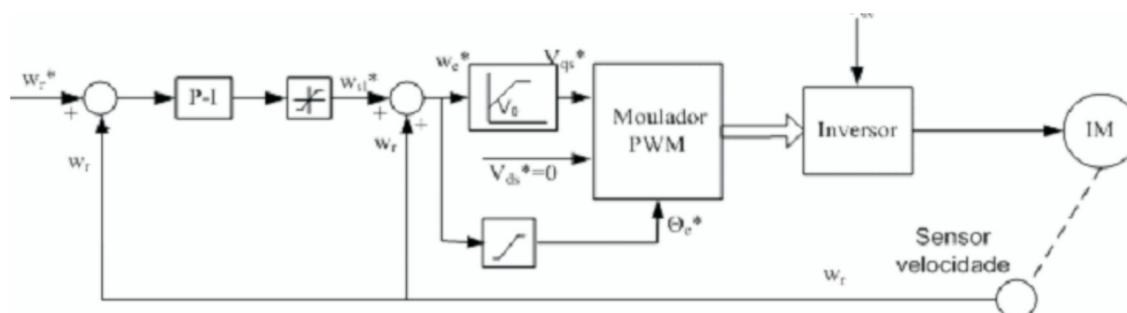


Figura 3 – Controle escalar em malha fechada

O comando de frequência ω_c^* também gera o comando de tensão através de um gerador de função V/Hz, o qual incorpora a compensação à queda de tensão estática em baixa velocidade. Tendo o fluxo constante, o escorregamento é proporcional ao torque, como mostra a equação.

No controle proposto, nenhum sinal de corrente é realimentado, e, para um degrau positivo de velocidade, a máquina acelera livremente com um limite de escorregamento que corresponde ao limite de corrente no estator ou de torque em regime permanente, o qual é determinado pelo torque de carga. Se há um degrau negativo em ω_r^* , o sistema vai para o modo regenerativo ou de freio dinâmico e desacelera com escorregamento negativo constante $-\omega_{sl}^*$.

Controle escalar (V/Hz) em malha fechada de torque e fluxo

Como discutido até agora, o controle V/Hz tem a desvantagem de o fluxo poder variar, e como resultado, a sensibilidade do torque com relação ao escorregamento variará. Além disso, os seguintes problemas poderão levar a um fluxo mais fraco ou saturado:

- Variação da tensão de linha;
- Relação V/Hz errada;
- Queda de tensão no estator devido à corrente de linha;
- Variação de parâmetros.

No esquema de controle anterior, se o campo enfraquecer, o torque desenvolvido irá diminuir com o limite de escorregamento, e a capacidade de aceleração/desaceleração da máquina irá diminuir.

O sistema de controle de velocidade com laços de torque e fluxo é mostrado na figura 4. Laços adicionais

de realimentação significam complexidade para síntese dos sinais de realimentação e potenciais problemas de estabilidade. O laço de torque, interno ao laço de velocidade, melhora a resposta do laço de velocidade. O laço de controle de fluxo controla a tensão V_s^* . Os sinais de realimentação de torque e de fluxo podem ser estimados das tensões e correntes nos terminais da máquina. Os sinais de realimentação estimados serão discutidos

mais tarde. Com controle escalar, à medida que a frequência ω_e^* é aumentada pelo laço de torque, o fluxo temporariamente diminui até ele ser compensado pelo lento laço de controle de fluxo. Esse acoplamento inerente torna a resposta de torque mais lenta. Esse tipo de controle não será implementado neste trabalho, somente foi citado a título de informação.

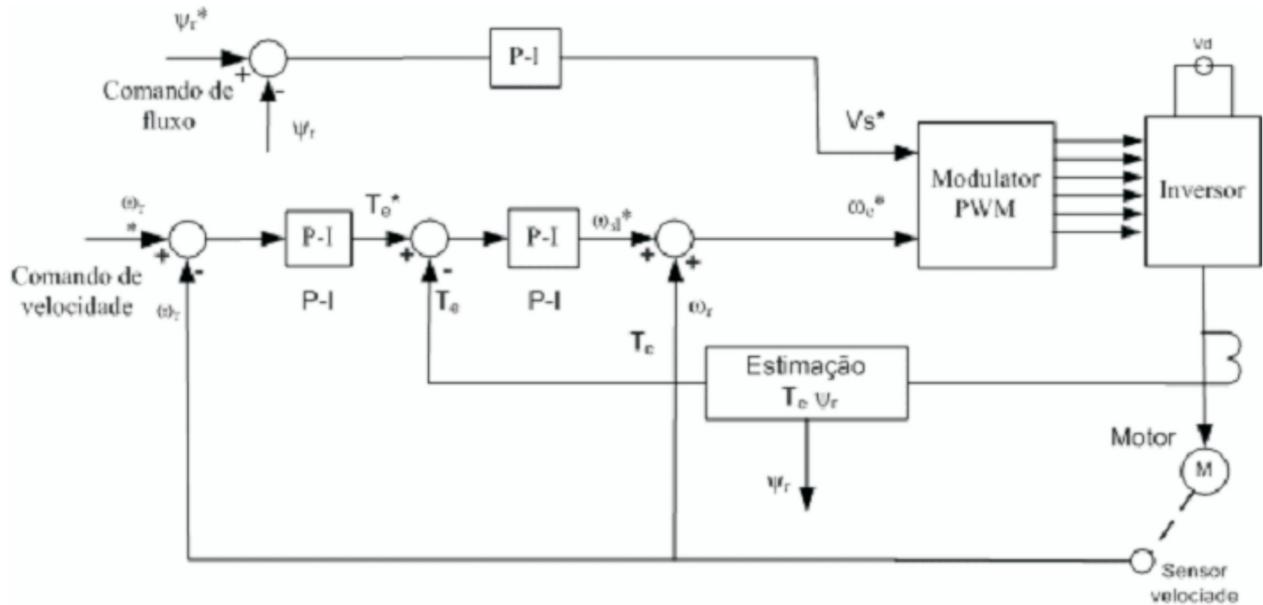


Figura 4 – Controle de velocidade em malha fechada com controle de fluxo e torque

Encoders

Os encoders são transdutores de movimento capazes de converter movimentos lineares ou angulares em informações elétricas, que podem ser transformadas em informações binárias e trabalhadas por um programa que converta as informações passadas em algo que possa ser entendido como distância, velocidade, etc. Utilizado muito em máquinas CNC, robôs e todas as aplicações que necessitam de um sistema de medição e posicionamento.



Figura 5 - Encoder

Funcionamento

Os encoders possuem internamente um ou mais discos (máscaras) perfurados, que permitem, ou não a passagem de um feixe de luz infravermelha, gerado por um emissor que se encontra em um dos lados do disco e é captado por um receptor que se encontra do outro lado do disco, este, com o apoio de um circuito eletrônico, gera um pulso. Dessa forma a velocidade ou posicionamento é registrada contando-se o número de pulsos gerados. Esse aparelho pode ser sofisticado e com custo elevado, mas também é possível criar versões caseiras que servem para proporcionar um estudo e conhecimento de seu funcionamento.

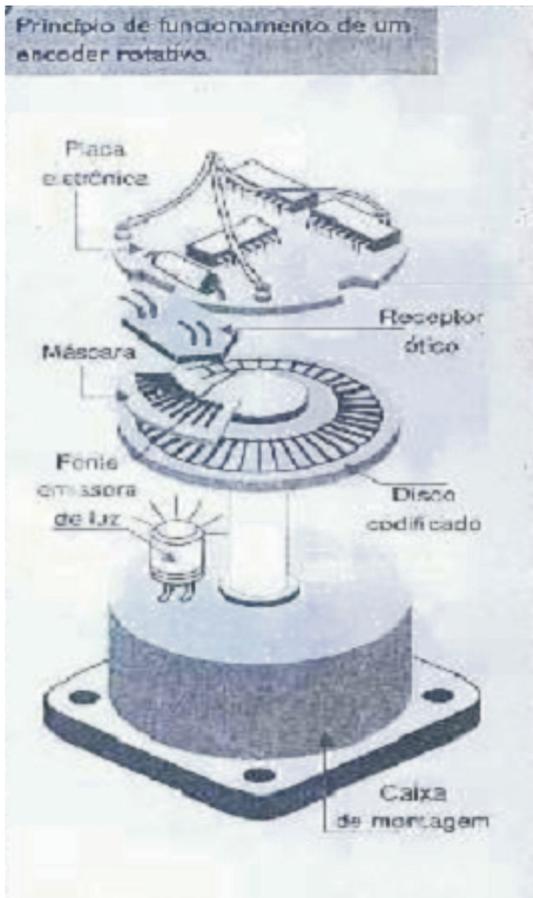


Figura 6 - Desenho do funcionamento interno do Encoder

Encoder Regular: é um disco perfurado, um led, e um fototransistor. A cada instante em que a luz é interrompida pela rotação do disco, um pulso é enviado ao controle. A frequência dos pulsos determina a velocidade do eixo, e a quantidade de pulsos, a partir de um referencial, determina a posição.

Encoder Regular Defasado (Incremental): é um disco especial, no qual os furos estão deslocados em duas filas. Essa montagem provoca uma defasagem nos sinais gerados pelos componentes óticos (90 graus), o que permite ao computador além de determinar a velocidade de posição, também o sentido do eixo.

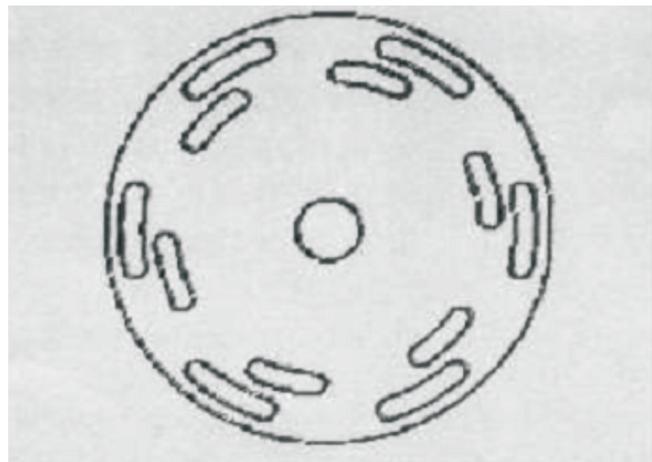


Figura 7 – Encoder ótico incremental

Resistor Variável (Potenciômetro): bastante utilizado, com CLP's podem ser munidos de interfaces analógicas/digitais. Precisa-se alimentar um de seus terminais fixos com uma fonte de tensão, e o outro terminal ao terra, e retirar de seu terminal variável o sinal de realimentação.

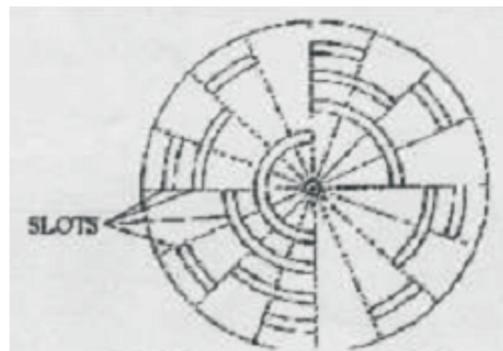


Figura 8 – Encoder ótico absoluto

O número de anéis utilizados em um disco depende do grau de resolução de que se necessita. Quanto maior o número de anéis, maior será o número de combinações de sinais e maior será a resolução do dispositivo (Figura 9).

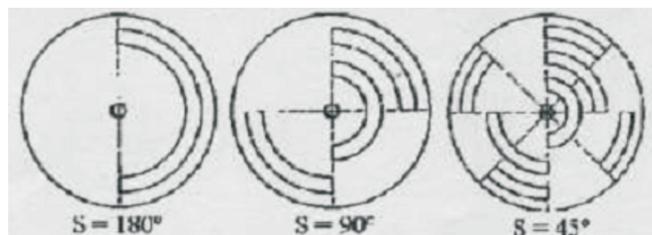


Figura 9 – Incremento da resolução do encoder

Dispositivos optoeletrônicos

A optoeletrônica é uma tecnologia que associa a óptica com a eletrônica, baseados na reação de uma junção pn. Os componentes optoeletrônicos mais conhecidos são os diodos emissores de luz (LED), fotodiodos, optoacopladores, etc.

Fotodiodos

O fotodiodo caracteriza-se por ser sensível à luz, isto é, quando a luz incide em sua junção, ocorre uma produção de elétrons e lacunas. Quanto maior for a intensidade luminosa que incide na junção, maior será o número de portadores minoritários e maior será a corrente reversa. Em resumo, podemos dizer então que um fotodiodo é um dispositivo que converte a luz recebida em uma determinada quantidade elétrica.

Fototransistor

Fototransistor é um transistor cujo encapsulamento permite a incidência de luz sobre a junção base-coletor. A corrente gerada pela luz na junção é amplificada pelo transistor, como se fosse uma corrente de base convencional. A corrente de coletor do fototransistor é, portanto, proporcional à intensidade luminosa incidente sobre o componente. Na aplicação do fototransistor pode-se usar o mesmo circuito típico do fotodiodo.

Referências

BRUSAMARELO, Valter et al. ENCODER. Universidade de Caixas do Sul. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia Industrial. Disponível em: <<http://hermes.ucs.br/ccet/demc/vjbrusam/inst/enc3.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2010.

CONTROLE de velocidade do motor de indução trifásico utilizando microcontroladores para aplicações em baixa potência. Disponível em: <<http://www.camacho.prof.ufu.br/TT-035.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2010.

LEANDRO, Eduardo. Um novo sistema de refrigeração com controle de temperatura, compressor aberto, máquinas de indução trifásica com velocidade variável e correção ativa de fator de potência do estágio de entrada. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de São Paulo. Disponível em: <http://www.dee.feis.unesp.br/pos/teses/arquivos/177-dissertacao_eduardo_leandro.pdf>. Acesso em: 13 out. 2010.

