

CONTROLE DE VELOCIDADE DE MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA

SILVEIRA, Márcio Telis¹; TAVARES, Reginaldo da Nóbrega²

¹Acadêmico do curso de Engenharia de Controle e Automação(CENG/UFPeI), marcioteliss@gmail.com; ²Professor do Centro das Engenharias(CENG/UFPeI), regi.ntavares@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

O controle de velocidade de motores é necessário em diversas aplicações. Os motores elétricos são usados em aplicações industriais, domésticas e transportes de pessoas e cargas (FITZGERALD, KINGSLEY e UMANS, 2006) (NASAR, 1984). Mais recentemente tem ocorrido o interesse pela utilização de motores elétricos em automóveis. Outros veículos de transporte tais como elevadores, carrinhos, cadeiras de rodas e bicicletas elétricas são construídos baseados em motores elétricos (DOS SANTOS, 2011). As tecnologias para a fabricação de motores e o seu controle continuam em desenvolvimento devido à crescente demanda por motores elétricos.

A variação de velocidade dos motores de corrente contínua (cc) é muito importante nos dias atuais para indústrias e empresas de diversos portes (TAVARES, 2010). Por este motivo os motores cc têm grande presença e importância nas indústrias, dividindo o cenário com os de corrente alternada (ca).

O método de controle de velocidade através da variação da tensão de armadura possui algumas vantagens relevantes, tais como o controle suave e preciso desde baixas velocidades até sua tensão nominal e pelo fato de o torque disponível ser constante em toda a faixa de velocidade (FITZGERALD, KINGSLEY e UMANS, 2006).

Uma das opções de controle da velocidade de motores de corrente contínua por tensão é a modulação por largura de pulso (*Pulse-Width Modulation - PWM*) (BRAGA, 2010) que mantém o torque sempre constante, é de fácil operação e adaptável aos microcontroladores (NICOLOSI, 2004) (OLIVEIRA, 2009) (SOUZA e SOUZA, 2008).

Os motores cc são constituídos pelo circuito magnético, circuito de excitação, circuito elétrico da armadura e conjunto de escovas. O circuito magnético é o caminho por onde passam as linhas de força do campo magnético da máquina. É confeccionado de material ferromagnético a fim de possuir a mínima relutância (TAVARES, 2010). O circuito de excitação ou circuito de campo é composto de bobinas de fio de cobre esmaltado enroladas em torno dos pólos, as quais, alimentadas com cc, produzem o campo magnético principal da máquina. Quando a máquina é excitada por ímãs permanentes não existe o circuito de campo (TAVARES, 2010).

O circuito elétrico da armadura é constituído do enrolamento da armadura, do comutador e do eixo. Já o conjunto de escovas serve para a transferência de energia elétrica entre o circuito elétrico girante e o circuito estacionário, através de um contato deslizante com a superfície externa do comutador (TAVARES, 2010) (FITZGERALD, KINGSLEY e UMANS, 2006).

Existem cinco tipos de motores cc devido aos diferentes tipos de excitação. Os de excitação a ímãs permanentes, independente, em paralelo, série e composta (NASAR, 1984) (TAVARES, 2010).

Motores cc com excitação a ímãs permanentes apresentam fluxo dos pólos completamente independente da carga, portanto toda a influência na velocidade ocorrerá pela variação da queda na resistência da armadura. Suas vantagens são a simplicidade de construção de máquinas pequenas e o fato de não consumir energia para a excitação. Já as desvantagens são fluxo fraco e incontrolável e a possibilidade de desmagnetização dos ímãs em uma desmontagem (em ímãs de alnico) (NASAR, 1984).

Motores cc com excitação independente são alimentados por duas fontes cc. Uma fonte forte para a armadura (sempre regulável) e outra fraca para o campo (regulável ou não) (TAVARES, 2010). Os motores cc com excitação em paralelo são de aplicação rara e sua tensão não pode ser regulada (TAVARES, 2010).

Motores cc com excitação em série têm a bobina de campo ligada em série com a armadura, logo a corrente de campo é a mesma da corrente de armadura. Portanto, o fluxo dos pólos é totalmente dependente da carga. Tem o maior torque de partida, forte regulação de velocidade, não pode trabalhar a vazio (pode ser destruído pela força centrífuga) e não pode ser aplicado com correntes e polias (FITZGERALD, KINGSLEY e UMANS, 2006).

Motores cc com excitação composta têm dois enrolamentos de campo. Sendo o principal ligado em paralelo com a armadura ou a uma fonte independente, e o outro ligado em série com a armadura (TAVARES, 2010) (FITZGERALD, KINGSLEY e UMANS, 2006).

O objetivo do presente trabalho é realizar revisão bibliográfica sobre o mecanismo para o controle da velocidade de motores de corrente contínua (cc) pela tensão de armadura com PWM através de microcontroladores, para futuramente colocá-lo em prática. Neste trabalho procura-se descrever as principais características dos motores elétricos de corrente contínua e um modo para controlar a velocidade de motores cc através da variação da tensão de armadura.

2 METODOLOGIA

Durante a semana são realizados encontros no laboratório de sistemas digitais, no Campus Porto da UFPel, onde pesquisa-se em *sites* da internet e livros sobre o controle da velocidade de motores de corrente contínua, assim como sobre os próprios motores. Procura-se, também, ajuda de outros profissionais da área e pesquisadores.

Nos encontros, são realizadas pequenas reuniões no início, onde se resolve o que e como será trabalhado no dia. A aplicação prática é feita por partes, apenas quando a pesquisa bibliográfica já está bem avançada.

Um meio muito utilizado para a pesquisa bibliográfica é o *e-mail*, onde é realizado o contato com professores e pesquisadores da área, em diversos lugares do mundo, assim como empresas tanto de microcontroladores como de motores e entre nós mesmos em momentos que se trabalha na pesquisa fora do laboratório.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para controlar a velocidade de motores cc pode-se trabalhar com quatro variáveis: tensão aplicada na armadura, resistência da armadura, fluxo dos pólos e posição das escovas. Para esta pesquisa, foi adotado o primeiro.

O controle de velocidade pela tensão de armadura é próprio para o controle fino de velocidade (FITZGERALD, KINGSLEY e UMANS, 2006). Geralmente é aplicado a motores de excitação independente ou de excitação a ímãs permanentes. O fluxo dos pólos é mantido no valor nominal e a tensão de armadura é ajustada desde zero até a tensão nominal. Com a tensão nula aplicada na armadura não circulará corrente na mesma e sua velocidade será nula. À medida que a tensão aplicada aumenta, a velocidade cresce proporcionalmente até alcançar a velocidade nominal (TAVARES, 2010).

O controle da tensão pode ser realizado tanto pelo ajuste fino da tensão de alimentação, onde quanto maior for a tensão que vai até o motor maior é a velocidade que ele adquire, e quanto menor a tensão menor será a velocidade, como também pode ser usado um PWM, que é um modulador de largura de pulso, para controlar a regulação da tensão (DOS SANTOS, 2011) (BRAGA, 2010). Os dois trabalham do mesmo modo, entregando uma certa tensão para o motor que será proporcional a sua velocidade, porém no primeiro o ajuste é realizado na tensão da fonte, já no segundo a fonte é constante, enviando a tensão nominal do motor, e o PWM faz a saída variar. Isso faz com que o torque se mantenha constante (BRAGA, 2010). Por este motivo, principalmente, escolheu-se o PWM como objeto de estudo nesta pesquisa.

A modulação PWM consiste basicamente em aplicar uma onda quadrada de amplitude de tensão contínua (V_{cc}) e frequência alta (entre 10Khz e 20Khz) no lugar da tensão contínua (V_{cc}). A tensão média varia em função do tempo que onda fica em nível alto (tensão nominal) e do tempo que onda fica em nível baixo (0V). A relação entre o tempo que a onda fica em nível alto e o período total é conhecido como *Duty Cycle*. O *Duty Cycle* é normalmente expresso em percentual e varia de 1% de nível alto a 99% de nível alto (PIM, 2009) (BRAGA, 2009).

Quanto maior for a porcentagem de nível alto, maior será a tensão que o PWM entrega ao motor. A tensão de saída é proporcional à entrada pela porcentagem de tempo em nível alto no período, ou seja, para uma modulação PWM com *Duty Cycle* igual a 50%, metade do tempo a tensão fica em nível alto (tensão nominal) e metade em nível baixo (0V). Se a tensão de entrada for 6V e o PWM estiver trabalhando a 50% então o motor se comportará como se estivesse recebendo 3V (OLIVEIRA, 2009) (PIM, 2009).

O microcontrolador, como o nome já diz, é um controlador de porte pequeno. Muitos microcontroladores obtêm o PWM, onde, realizada a programação adequada, o tempo em que este fica em nível alto e baixo pode ser ajustado por *software* (SOUZA, 2008). O microcontrolador recebe uma informação do operador e ajusta o PWM para fazer com que a saída se comporte da maneira desejada. Um velocímetro faz a medição da velocidade do motor e compara com a desejada, caso seja menor, o controlador aumenta a tensão de saída, caso contrário diminui. Quando se iguala a velocidade desejada à velocidade medida, o controlador apenas mantém o funcionamento do dispositivo (SOUZA, 2008) (DOS SANTOS, 2011).

4 CONCLUSÃO

O trabalho de pesquisa está no seu início e por esta razão ainda não se tem maiores resultados. Neste trabalho foi demonstrado como funcionam os motores de corrente contínua, suas principais características e explicou-se como fazer o controle da velocidade destes através do controle da tensão de armadura com PWM. Este método é importante por manter o torque disponível do motor constante e por trabalhar tanto com altas como com baixas tensões, além de ter um ajuste fino de velocidade e esta variar pouco com a variação da carga. Com o ajuste de tensão utilizando o PWM não é necessário utilizar uma fonte regulável de entrada, podendo ser usadas baterias para a alimentação, o que deixa o circuito mais barato. Outro aspecto positivo é que o PWM não dissipa praticamente nada de potência, facilitando o resfriamento do circuito.

5 REFERÊNCIAS

DOS SANTOS, S.D.P.M. **Metodologias de Controle e Diagnóstico de Falhas com Aplicação em Motores de Corrente Contínua**. Fevereiro de 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia eletrotécnica e de computadores) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Universidade Nova de Lisboa, fevereiro de 2011.

NASAR, S.A. **Máquinas Elétricas**. Brasil: McGraw-hill, 1984.

OLIVEIRA, I. "Slide sobre controladores PWM". **Curso de Engenharia Mecatrônica**. – abril, 2009. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAMRsAD/slide-sobre-controladores-pwm>> Acesso em: 2 jul. 2012.

NICOLOSI, D.E.C. **Laboratório de Microcontroladores Família 8051**. São Paulo: Érica, 2004.

BRAGA, N.C. "Monte um Controle PWM para Motores (MEC092)". **Robótica**. – maio, 2010. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/robotica/3583-mec092.html>> Acessado em: 2 jul. 2012.

FITZGERALD, A.E; KINGSLEY, C.; UMANS, S.D. **Máquinas Elétricas**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

TAVARES, A.A. **Acionamento de Máquinas Elétricas**. Pelotas: Apostila, 2010.

SOUZA, D.R.; SOUZA, D.J. **Desbravando o PIC24 - Conheça os Microcontroladores de 16 bits**. São Paulo: Érica, 2008.

PIM, V.B. "Controle de velocidade em motores DC". **Meus Projetos**. – junho, 2009. Disponível em: <<http://vinicius.brasil.vilabol.uol.com.br/electronica/controlDCMotor1/controldcmotor1.htm>> Acessado em: 3 jul. 2012.