

Desempenho “In Vitro” do atuador eletromecânico da bomba de sangue centrífuga implantável

Tarcísio Fernandes Leão, Departamento de Automação e Controle, CEFET-SP,
e-mail: trleao@click21.com.br

Jeison William Gomes da Fonseca, Departamento de Bioengenharia, IDPC,
e-mail: jfonseca@dantepazzanese.org.br

Aron José Pazin de Andrade, Departamento de Bioengenharia, IDPC,
e-mail: aron@dantepazzanese.org.br

Eduardo Guy Perpétuo Bock, Departamento de Automação e Controle, CEFET-SP,
e-mail: eduardobock@yahoo.com.br

Introdução

Os motores sem escovas, BLDC, do inglês “Brushless DC”, têm sido o principal componente no desenvolvimento da maior parte dos Dispositivos de Assistência Ventricular (DAV). Dentre as características que o faz ser utilizado em bombas implantáveis, destaca-se a ausência de escovas, o que permite descartar o desgaste inevitável observado em outros motores, e intolerável nesse tipo de dispositivo. Uma bomba de sangue centrífuga implantável está sendo estudada no Instituto “Dante Pazzanese” de Cardiologia - IDPC, como DAV para auxiliar portadores de doenças cardiovasculares. Esse dispositivo pode ser dividido em: bomba de sangue de fluxo contínuo centrífugo, um motor elétrico BLDC, um controlador para acionar o motor e um sistema de baterias. As bombas centrífugas representam a maioria das pesquisas desenvolvidas atualmente, a qual permite operar em rotações mais baixas que as bombas de fluxo contínuo axiais; obter menores taxas de hemólise, ou seja, menores danos aos elementos do sangue; ter dimensões compatíveis com a implantabilidade total e alcançar vida estimada do conjunto, em assistência, de 2 anos [1,2].

O objetivo deste estudo é avaliar o desempenho do funcionamento do BLDC disponível no IDPC em conjunto com a bomba centrífuga implantável, para tal, parâmetros hidrodinâmicos serão coletados. Além disso, serão comparados com os dados de um motor similar em testes realizados anteriormente na *Baylor College of Medicine* em Houston, Estados Unidos[1].

O Motor “Brushless” BLDC

O motor elétrico trifásico de corrente contínua sem escovas (BLDC, do inglês “brushless DC”) é um motor síncrono de ímãs permanentes localizados no rotor e bobinas localizadas no estator, geralmente, conectadas em estrela com controle por inversor tipo ponte H (Figura 1). A operação em altas rotações, quando comparados com outros motores, e as dimensões reduzidas também são fatores compatíveis com essa utilização [2].

A operação de um BLDC é realizada através da comutação estratégica das bobinas, assim como ocorre em um motor de passo. A comutação é realizada por um circuito que fornece corrente às bobinas do motor em função da posição do rotor. A corrente de fase de um BLDC, normalmente é retangular e sincronizada

com a BEMF (do inglês “Back EMF”, força contra eletromotriz induzida) para produzir torque e velocidade constante [3], apresentando forma trapezoidal, geralmente. Sendo que esta é a principal característica de controle.

Os motores utilizados em bombas sangüíneas centrífugas com acoplamento magnético requerem potência para a movimentação do rotor do motor e para o acoplamento com a bomba. Nos casos onde o acoplamento é feito diretamente com a bomba é necessário prover potência adicional em função do maior *air gaps* (distância entre os ímãs e as bobinas). E quando há um circuito eletromagnético separado do acoplamento, o motor pode assumir maiores dimensões.

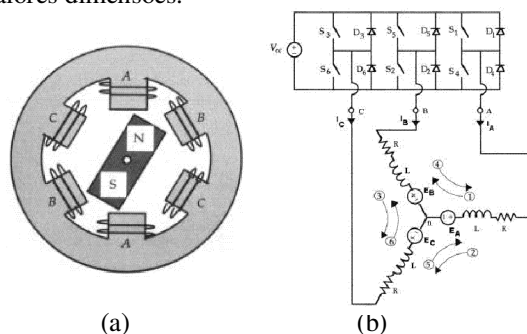


Figura 1: (a) Esquema de um BLDC trifásico; (b) Bobinas conectadas em estrela acionadas por um inversor tipo ponte H [2].

Material e Métodos

Esse estudo foi desenvolvido nos laboratórios da Divisão de Bioengenharia do IDPC e do Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo. O estudo para avaliar o desempenho hidrodinâmico incluíram etapas “In Vitro” para a determinação dos parâmetros atuais do motor e sua comparação posterior com um modelo similar.

O motor BLDC utilizado é um motor desenvolvido para utilização em bombas implantáveis. Suas bobinas são posicionadas entre dois discos com os ímãs, com *air gaps* acerca de 0,3 mm. Resultando em um motor de alta eficiência, em torno de 72%. Suas dimensões são: 65 mm de diâmetro externo, 18 mm de altura e peso aproximado de 205 gramas, apresentando suas bobinas conectadas em estrela [4].

O controlador do motor emprega a técnica sensorless, sem sensores, que consiste em “detectar” a posição do rotor através da BEMF. O principal componente utilizado foi o microcontrolador analógico (ML4426, MicroLinear, San Jose) [5]. Todas as funções necessárias para o acionamento de um motor BLDC, desde a partida do motor até o controle da velocidade em malha fechada estão incluídas.

O circuito hidráulico montado para os testes “In Vitro” foi composto de: um reservatório de acrílico de 2 litros; tubos de silicone de $\frac{3}{8}$ ” para conectar a bomba centrífuga implantável ao reservatório; solução aquosa com 37% de glicerina a 25°C para simular a viscosidade sanguínea (Figura 2) [6]. Foram aplicadas tomadas de pressão que foram conectadas na entrada e na saída da bomba; transdutores de pressão e monitor de pressão (DX 2020, Dixtal Biomédica, São Paulo); transdutor e fluxômetro ultra-sônico (HT110 Transonic, New York, EUA) para determinação da vazão; torniquete para controle da vazão; fonte de alimentação do circuito e osciloscópio (MO 1227, Minipa, Shangai) para monitorar o sinal do controlador.

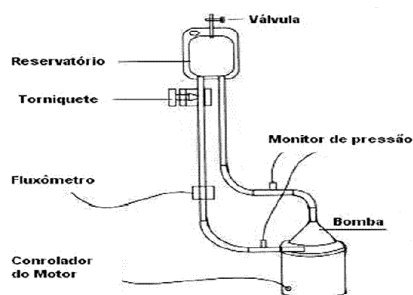


Figura 2: Esquema experimental “In Vitro” para avaliação hidrodinâmica [6].

Resultados

Os testes “In Vitro” de eficiência hidrodinâmica constataram geração de fluxo de 7 L/min e pressão acima de 200 mmHg com 2000 rpm.

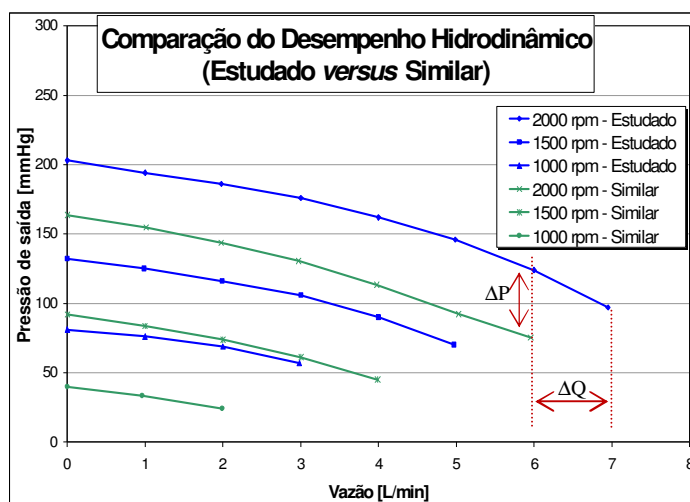


Figura 3: Gráfico do desempenho hidrodinâmico do BLDC estudado e comparação com o motor similar.

Na comparação entre os desempenhos, do BLDC estudado e similar, observa-se um ganho de 1 L/min e

40 mmHg de pressão de saída na rotação de 2000 rpm (Figura 3). A máxima rotação do motor observada atingiu 6000 rpm.

Discussão

Um atuador eletromecânico deve, prioritariamente, fornecer torque suficiente para executar a movimentação do rotor da bomba e, por sua vez, prover o fluxo necessário. Deseja-se, também, que tenham como características pequenas dimensões; o mínimo de fios para seu controle, devido a complicações cirúrgicas e operar em altas rotações de forma estável, tornando-se, adequado a implantabilidade de longa duração (2 anos).

A técnica “sensorless” de controle reduz o número de fios, pois não necessita de sensores de posição. A disposição dos discos do rotor aumenta a eficiência preservando as dimensões reduzidas. A rotação característica em assistência ventricular para a bomba centrífuga implantável é cerca de metade da rotação máxima atingida pelo motor.

Conclusão

O motor BLDC estudado foi considerado satisfatório como atuador eletromecânico da bomba centrífuga implantável. Nos testes “In Vitro” o conjunto bomba centrífuga e motor BLDC atingiram valores de vazão e pressão que são compatíveis com a assistência ventricular de longa duração. Os resultados sugerem que esse modelo de motor BLDC possui características eletromagnéticas comparáveis ao modelo similar americano sugerindo a nacionalização dessa tecnologia.

Futuros Trabalhos

Estudos das características mecânicas, elétricas e eletromagnéticas devem ser desenvolvidos com o intuito de balizar a construção de um modelo de motor nacional, confiável e de baixo custo.

Referências bibliográficas

- [1]Bock, E.G.P., Projeto, Construção e Testes de Desempenho “In Vitro” de uma Bomba de Sangue Centrífuga Implantável, Dissertação de Mestrado, UNICAMP, 2007.
- [2]Fonseca, J.W.G., Técnica “Sensorless” para o Acionamento de Motores “Brushless DC” Aplicados em Circulação Artificial, Dissertação de Mestrado, ITA, 2003.
- [3]Shao, J., Direct Back EMF Detection Method for Sensorless Brushless DC (BLDC) Motor Drives, Dissertação de Mestrado, Virginia Polytechnic Institute, 2003.
- [4]Schima H, Schmallegger H, Huber L, et al., An Implantable Seal-less Centrifugal Pump with Integrated Double-Disk Motor, Artificial Organs, 1995.
- [5]DeFiore, J., Application Note - Using the ML4425/4426 BLDC Motor Controllers, Fairchild, 2000.
- [6]Dinkhuysen, J. J., Andrade, A. J. P., et al., Bomba Sanguínea Espiral: Concepção, Desenvolvimento e Aplicação Clínica de Projeto Original, Braz J Cardiovasc Surg, 2007.