

DESENVOLVIMENTO DE BANCADA COM BASE EM INSTRUMENTAÇÃO PARA IDENTIFICAÇÃO DE MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA

GABRIEL HACKBARDT MORALES¹; FELIPE LOURENÇO GALESKI²; ELMER ALEXIS GAMBOA PEÑALOZA³

¹ Universidade federal de Pelotas – gabriel.hmorales@hotmail.com

² Universidade federal de Pelotas – felipe.galeski@ufpel.edu.br

³ Universidade federal de Pelotas – eagpenaloza@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Desde a primeira revolução industrial a aplicação de controle automático era feita implicitamente em máquinas a vapor por meio de pêndulos de Watt, inventados em 1769, também conhecidos como governadores centrífugos. Porém, o controle era feito de acordo com as tecnologias da época vigente, tendo em vista que, somente em 1868, James Clerk Maxwell fez seu modelo matemático, sendo o primeiro estudo de estabilidade de sistemas realimentados.

É sabido que uma significativa parcela do controle de um sistema parte de sua especificação, ou seja, a identificação de seus elementos e suas grandezas físicas. Um exemplo disso pode ser um sistema massa mola, onde seria necessário saber o valor da massa, a constante de elasticidade da mola e até mesmo o coeficiente de atrito entre a massa e a superfície em que se movimenta. Assim, somente conhecendo o sistema e suas condições é possível aplicar controle sobre o mesmo, pois o controlador não atua sobre o modelo, atua sobre o sistema em si. A partir de necessidades desta natureza emergiu a área de instrumentação, destinada a melhorar o controle de processos através da realimentação e atuação.

Adicionalmente, a medição de grandezas pode ser feita de diversas maneiras e embasada em distintos princípios físico-químicos, ao ponto que alguns sensores podem ter funções de atuação, como boias de nível ou termostatos. Geralmente, sensores que convertem grandezas mecânicas em elétricas utilizam eletromagnetismo e seus efeitos para realizar a conversão de medidas.

Para identificarmos um sistema, deve-se conhecer primeiro o seu modelo, para assim especificar quais tipos de sensores serão necessários. Neste íterim, o modelo matemático do objeto de interesse deste trabalho, que são motores de corrente contínua (CC), é bem difundido na literatura (K. OGATA, 2011, S. H. Kim, 2017), e seu diagrama de blocos está ilustrado na Figura 1.

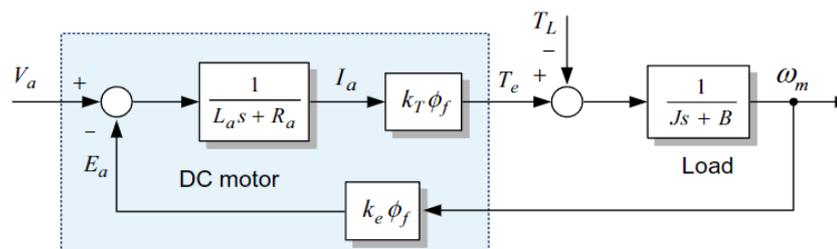


Figura 1: Modelo matemático de um motor CC. Fonte: Sang-Hoon Kim, 2017.

Para identificarmos o sistema é necessário medir as grandezas de entrada e saída do motor, ou seja, tensão (V_a), corrente (I_a), velocidade angular (ω_m) e torque (T_e),

a fim de relacioná-las para obter informações que não poderiam ser medidas diretamente, como o fluxo eletromagnético. Neste trabalho é relatado o procedimento de medição e avaliação do comportamento de um motor CC escovado com ímãs permanentes através de instrumentos de sensoriamento, a fim de identificar seus parâmetros.

2. METODOLOGIA

O motor utilizado possui quatro entradas para controle de velocidade, com tensão nominal de 12[V], que inicialmente foram fornecidos pela fonte Pol-16c II da marca Politerm®. Essa fonte possui corrente máxima de 5[A] por canal, que ao serem colocados em paralelo somam 10[A], porém em todos os testes realizados o motor consumia toda corrente disponível, e como o objetivo é encontrar uma função de corrente por tempo, faz-se necessária a utilização de uma fonte que possua uma entrega de corrente que não limite os testes. Pelos motivos supracitados, utilizamos a fonte modxtream pro da marca OCZ®, que conta com canais de 12[V] e entrega correntes de até 25[A].

A medição da tensão de entrada é feita verificando se a fonte realmente entrega os 12[V] nominais, assim foi constatado que a fonte entrega 12,23V de tensão, com erro de $\pm 0,5\%$ do multímetro digital MD-6111 da marca Icel®. Para medir a corrente consumida pelo motor, foi utilizado o osciloscópio Tektronix® TDS2022C, com a ponteira de corrente A622 da mesma marca, e foram geradas diferentes curvas de corrente. Uma característica interessante para este trabalho foi a possibilidade de exportar os dados do osciloscópio para outro dispositivo, com o objetivo de realizar análises referentes ao motor.

A medição de torque foi feita acoplado o motor a uma bancada com freio de Foucault. A medida de velocidade angular foi feita utilizando o tacômetro Politerm® pol-19, medindo a velocidade no próprio disco do freio de Foucault acoplado ao motor. O osciloscópio serviu para fazer as análises de regime transiente, enquanto o tacômetro e o freio de Foucault foram utilizados para fazer análises de regime permanente, tendo em vista as limitações tecnológicas. Na Tabela 1 encontram-se algumas especificações técnicas relevantes quanto aos instrumentos utilizados:

Fonte de alimentação OCZ modxtream pro	Tensões de saída: 3.3[V], 5[V] e 12[V]. Corrente máxima de saída: 25[A].
Osciloscópio Tektronix TDS2022C	Dois canais de entrada Impedância de entrada: 1M[Ω] $\pm 2\%$ em paralelo com capacitor de 20p[F] ± 3 p[F] Tensão máxima de entrada: 300[V] RMS Sensibilidade: de 2m[V/div] a 5[V/div] Resolução: 8 bits.
Ponteira de corrente TEKTRONIX A622	Precisão de corrente CC: $\pm 3\% \pm 50$ m[A] em 100 m[V/A] (50 m[A] – 10[A]) $\pm 4\% \pm 50$ m[A] em 10 m[V/A] (500 m[A] - 40[A]) $\pm 15\%$ max. em 100 m[V/A] (40[A] - 100[A]) Excursão de aquisição de dados: 50m[A] até 100[A]
Multímetro Icel ma- naus MD-6111	Tensão CC: 1.000[V] Corrente CC: 20[A] Resistência: 200M[Ω]
Tacômetro Politerm pol-19	Resolução: 0,1 RPM (<1.000RPM), 1 RPM (≥ 1.000 RPM) para medição óptica e de contato.

	<p>Escalas: Óptico: 2,5 a 99.999RPM. Contato: 0,5 a 99.999RPM. Precisão: $\pm (0,05\% + 1 \text{ dígito})$</p>
<p>Freio de Foucault M 610 - Foucault - 4k</p>	<p>Tensão: 180 [V] CC Velocidade: 4000 RPM Potência: 600[W]</p>

Tabela 1: Tabela de informações relevantes para o desenvolvimento deste trabalho.

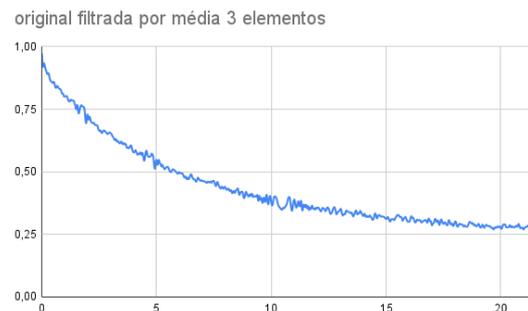
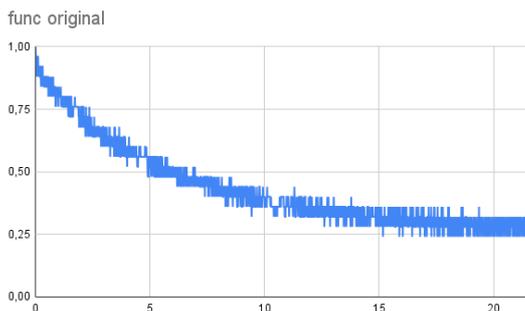
Todas as informações foram retiradas dos manuais dos equipamentos, ou então de informações apresentadas nos próprios equipamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os gráficos originais apresentavam muito ruído, em consequência disso, foram filtrados utilizando média móvel. Abaixo se encontra o gráfico fornecido pelo osciloscópio e dois gráficos gerados em planilhas do drive para demonstração de limpeza de dados, todos encontrados no processo de identificação do motor:



(a) Gráfico amostrado pelo osciloscópio digital.



(b) Curva gerada de valores originais (c) Aplicação de filtro por média móvel

Figura 2: Relações de corrente por tempo.

Ao repetir os testes foi identificado que o motor apresentou um comportamento diferente, consumindo menos corrente, comportamento provavelmente ocasionado pelo aquecimento do motor. É importante destacar que foi construído para funcionar na água, onde seu resfriamento ocorre naturalmente enquanto o motor opera. Essa observação é relevante para os testes de regime estacionário, uma vez que não é possível manter o motor ligado por longos períodos de tempo, a fim de conservar sua integridade física.

Foi observado que a célula de carga do freio de Foucault possui um erro constante de 1,73[Nm], que deve ser compensado para que a medição de torque ocorra de forma correta. Além disso, foi identificada certa dificuldade de realizar um ajuste fino na força do freio, tendo em vista que pequenas alterações de corrente no freio ocasionavam fortes frenagens do motor. Os testes de regime estacionário foram registrados em uma planilha que possui, além das informações adquiridas pelos sensores, informações de temperatura do motor e de variação de velocidade, ou seja, de quão perto do regime estacionário realmente se encontra.

Ensaio e determinação de velocidade estacionária									
13/07 Fio Azul					14/07 Fio Azul				
Motor Quente					Motor Frio				
Offset [A]					Offset [A]				
0,186					0,108				
	tempo [s]	corrente [A]	vel angular [RPM]	Variacao Velocidade angular [RPM/s]		tempo [s]	corrente [A]	vel angular [RPM]	Variacao Velocidade angular [RPM/s]
Teste1	46	3,2	1918	2	Teste1	31	5,39	1862	10
	67	2,8	1945	1		46	5,14	1964	2
	117	2,8	1967	0,5		65	4,98	2000	1
Teste 2	53	3	1900	2	Teste 2	119	4,81	2034	0,5
	76	2,8	1932	1		30	5,21	1827	10
	105	2,8	1952	0,3		62	4,94	1992	2
						80	4,92	2010	1
					118	4,84	2040	0,5	

Figura 3: tabela de aquisição de dados de regime estacionário.

As condições de medição seriam melhores se tivéssemos acesso a alguma forma de obter gráficos das variáveis do sistema, no entanto, medições de torque e velocidade angular em regime permanente são suficientes para inferirmos o comportamento do motor.

Um seguimento a este trabalho seria a utilização destes conhecimentos para a identificação do sistema para implementar leis de controle eficientes.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que a utilização da bancada com os instrumentos utilizados é uma forma excelente de identificação do motor, tendo em vista que possibilita a medição de todas as grandezas necessárias, e que todos os instrumentos possuem faixas de medição e precisões adequadas para uma identificação confiável do sistema.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Kim, S. H.. **Electric Motor Control : DC, AC, and BLDC Motors**. Oxford: Elsevier, 2017. 1.ed.

OGATA, K.. **Engenharia de controle moderno**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 5.ed.