

PLATAFORMA DE ENSAIOS DE ENGENHARIA DE MOTORES DE INDUÇÃO TRÍFASICOS COM CARGA VARIÁVEL - SENSORES

Flávio Vitorino Queiroz¹, José Henrique Galeti¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul – Três Lagoas - MS

Flavio.queiroz@estudante.ifms.edu.br, jose.galeti@ifms.edu.br

Resumo

Atualmente, o controle do motor de indução trifásico (MIT) é realizado via inversores de frequência, com os quais é possível controlar a velocidade do MIT variando a frequência de sua alimentação. O controle de velocidade via inversor possui diversas aplicações, tais como condicionadores de ar, esteiras de carga, dentre outras. Dependendo do tipo de controle a ser aplicado, pode haver variações na velocidade e torque do MIT. O objetivo dessa pesquisa é desenvolver uma bancada instrumentalizada que auxilie o aluno na compreensão das respostas de uma planta real quando for aplicada alguma técnica de controle. Para isso foram utilizados uma bancada com MIT e freio magnético, o Myrio para aquisição das variáveis elétricas e mecânicas dos sistemas e controle do mesmo, além de um conjunto de sensores e circuitos projetados para as respectivas medições. Os resultados obtidos foram a implementação de um sistema básico de controle PID pela leitura da velocidade real, que foi feita através da programação em blocos no LabView.

Palavras-chave: Motor, Myrio, Controle.

Introdução

As atuais técnicas de controle e acionamento dos motores de indução trifásico, principalmente através de inversores de frequência, foram viabilizadas pelo desenvolvimento de dispositivos de eletrônica de potência mais baratos e eficientes. Este avanço tem proporcionado, além da maior flexibilidade de operação, redução dos custos de infraestrutura elétrica, menor consumo de energia elétrica, sem contar na melhoria da qualidade da energia elétrica [1], [2]. Dada a ampla aplicação dos MITs, o controle de motores tem despertado a atenção de diversos pesquisadores da área [3], [4]. Industrialmente, a execução do controle de velocidade e torque do MIT utiliza, em sua maioria, controladores clássicos como PI, PD e PID [5],[6], e para os casos em que se busca melhor desempenho, outras técnicas, como por exemplo, Redes Neurais Artificiais [7], Fuzzy [8], Modos Deslizantes [9] e dentre outros. Com isso, neste projeto propõe-se o desenvolvimento de uma plataforma de controle de MIT com carga variável destinada a experimentação com a possibilidade de uso com diferentes técnicas de controle, fazendo com que a bancada após ser totalmente instrumentalizada possa ser utilizada como um modelo prático de planta real nas disciplinas de controle,

validando os controladores projetados pelos alunos teoricamente.

Metodologia

Toda a base experimental depende diretamente da bancada didática “Autômatu” cedida pelo IFMS para utilização na pesquisa. Ela conta com um inversor de frequência com operação em controle escalar e vetorial, o MIT com 4 pólos e freio magnético acoplado ao eixo, além do controle de velocidade e torque feito manualmente por meio de dois potenciômetros comuns (figura 1).



Figura 1. Bancada didática utilizada para a instrumentalização.

Tendo a bancada, os objetivos iniciais eram a instrumentalização das medidas elétricas e mecânicas, e a adaptação do controle de velocidade e torque de manual para digital, feito pelo Myrio, assim podendo traçar rampas e curvas de carga e analisar o comportamento de saída da máquina.

Inicialmente foi desenvolvido um filtro diferencial passa-baixa com divisor resistivo em sua entrada (figura 2), para que não só reduzisse a tensão há uma faixa legível pelo

Myrio (figura 3) de 0 a 10V, como também eliminasse a necessidade de uma referência de terra e boa parte das distorções harmônicas causadas pela rede e pelo próprio inversor de frequência.

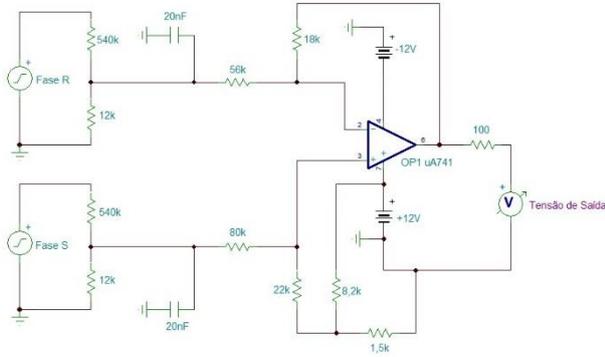


Figura 2. Filtro diferencial para medida de tensão.



Figura 3. Myrio utilizado para aquisição dos sinais e controle do sistema.

Em seguida, para a medida da corrente de fase foi utilizado um sensor por efeito Hall ACS712-5A (figura 4), aliado a um filtro de passivo RC (figura 5) só para eliminar a pequena quantidade de ruídos no sinal de saída.



Figura 4. Sensor ACS712 – 5A.

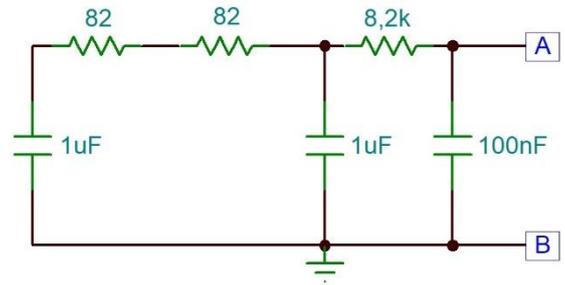


Figura 5. Filtro passivo RC.

Já a medida de velocidade foi feita por uma estratégia onde o eixo do motor foi dividido em 4 partes, utilizando fita isolante para variar as cores entre prata e preto, e por meio de um sensor emissor-receptor infravermelho (figura 6) o padrão gerado na saída é um sinal quadrado que corresponde a frequência de rotação real do MIT, com isso basta multiplicar esse valor médio por $120/p$, onde p é o número de pólos do motor, e tem-se a velocidade real.

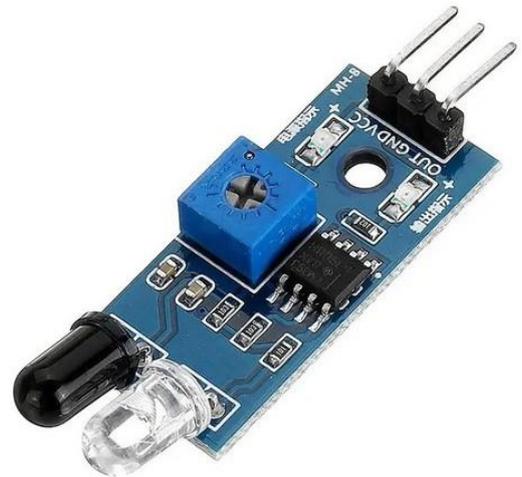


Figura 6. Emissor-receptor infravermelho.

E a última medida instrumentalizada, que é a carga, foi feita utilizando a relação de força da balança magnética acoplada ao freio de Foucault para com sua tensão gerada na saída, assim através de um circuito com 4 amplificadores operacionais e 3 estágios de ganho previamente ajustados (figura 7) foi possível traçar uma relação peso-tensão que fornece indiretamente o torque instantâneo.

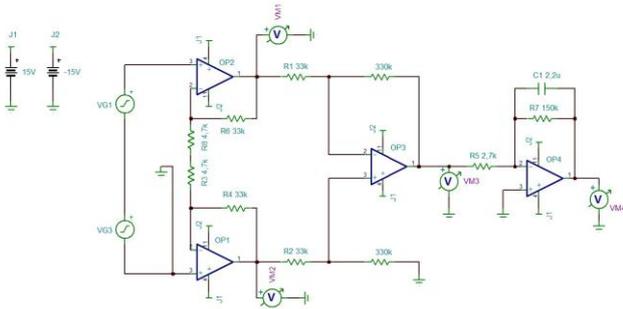


Figura 6. Circuito Amplificador diferencial do sinal da célula de carga.

Agora, em relação ao controle digital da carga, foi utilizado um circuito chaveado por meio de um Mosfet (figura 7), afim de alterar a relação RC de disparo, controlando assim o nível de intensidade do freio magnético aplicado ao rotor. Vale ressaltar que por meio de um opto acoplador as partes de controle e força foram isoladas, assim protegendo o Myrio que controla diretamente o nível de disparo do sistema e consequentemente a carga no eixo.

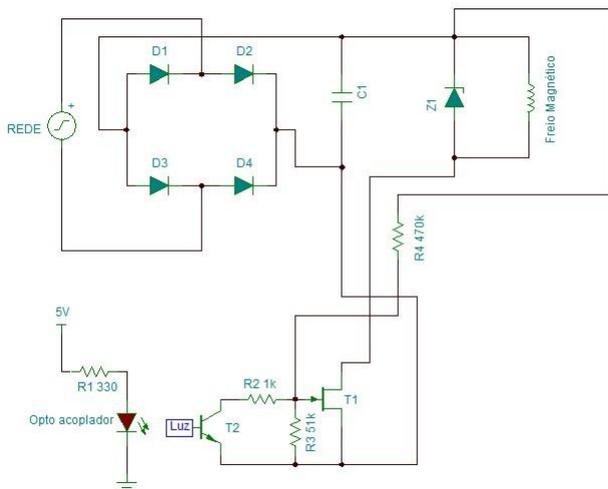


Figura 7. Circuito de potência para controle de carga.

Vale ressaltar que o controle digital de velocidade não necessita de um circuito específico, já que, o próprio Myrio tem uma saída analógica que pode gerar tensões DC de 0 a 15V, assim somente foi conectada a respectiva saída ao pino responsável por esse controle no inversor de frequência.

Resultados e Discussão

Foram realizadas as aquisições de tensões e correntes iniciais com o picoscópio para testes com maior exatidão a respeito dos ruídos nos sinais, e logo após as aquisições conjuntas de tensão diferencial e corrente de fase foram feitas pelo Myrio exibindo-as diretamente no LabView (figuras 8, 9 e 10). Os sinais apresentam baixo índice de

ruídos, e pela grande taxa de aquisição do Myrio os mesmos estão bons para serem integrados e utilizados nos sistemas de controle que serão aplicados.

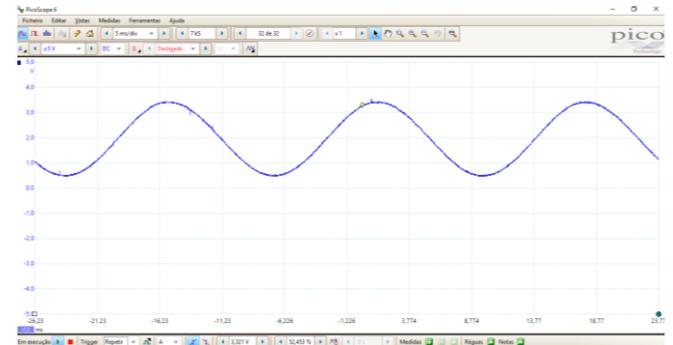


Figura 8. Onda de tensão diferencial - Picoscópio.

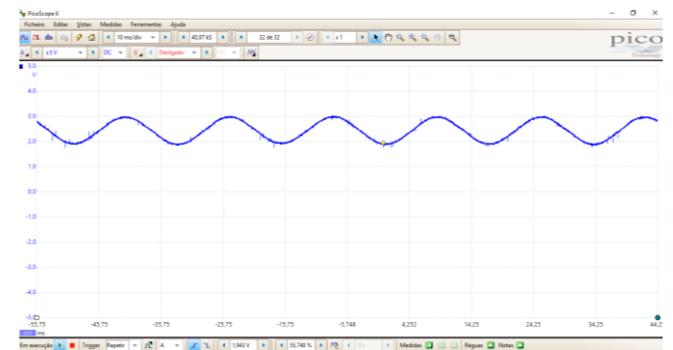


Figura 9. Onda de corrente de fase - Picoscópio.

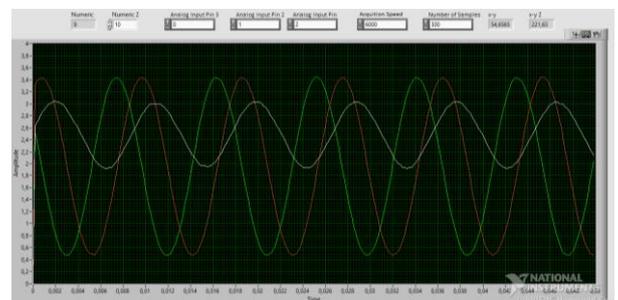


Figura 10. Ondas de tensão diferencial e corrente de fase no LabView.

E por fim foi implementado um sistema básico de controle PID baseado somente na realimentação da velocidade real versus o setpoint programado, é possível visualizar em tempo real o sinal programado, o comportamento transitório real do sistema e a diferença entre eles que gera o sinal de erro, bem didático para identificar e ensinar na prática o efeito de cada tipo ganho e a ação do controlador projetado (figuras 11 e 12).

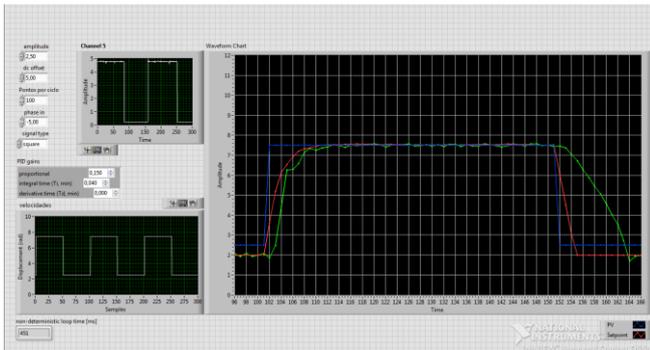


Figura 11. Controle PID básico implementado no LabView-Myrio.

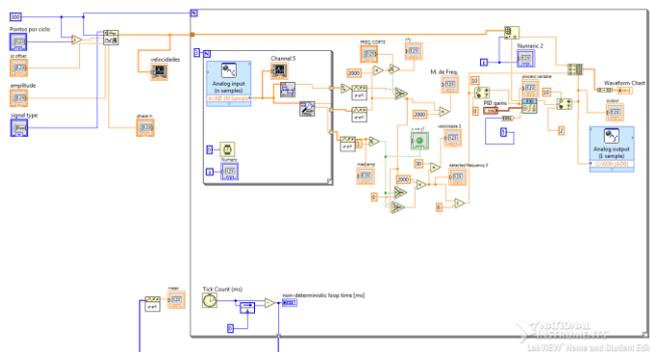


Figura 12. Algoritmo do Controle PID básico implementado no LabView-Myrio.

Considerações Finais

A bancada está toda instrumentada, as medidas estão boas, o que garante uma boa resposta dos controladores, e o sistema já funciona para ações de controle básicas como PID. O que falta é integrar a aquisição das outras medidas dentro do algoritmo, além de fazer a inserção das mesmas como possíveis variáveis para controle do processo também, contudo a bancada já seria de grande utilidade para um docente que queira ministrar uma disciplina prática de controle.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro e ao Instituto Federal de Mato Grosso do Sul –Três Lagoas–MS.

Referências

- [1] BOSE, B. K. Modern Power electronics and ac drives. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.
- [2] K. Belda, D. Vosmik, "Explicit generalized predictive control of speed and position of PMSM drives", IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 63, no. 6, pp. 3889-3896, Jun. 2016.
- [3] LUGLI, A. B.; ARAÚJO, F. M.; FLORIANO, G. H. F.; SILVA, J. P.; HENRIQUES, J. P.; VOLPATO, R. M.; MASSELLI, Y. M. C. Controle vetorial e escalar para motores de indução trifásicos. In: SAISEE, 2015, Santa Rita do Sapucaí. Proceedings... Santa Rita do

- Sapucaí: INATEL, 2015.
- [4] ORTUNHO, T. V.; RIBEIRO, J. M. S.; TEIXEIRA, M. C. M.; GARCIA, J. P. F. Projeto de controladores robustos H_{∞} usando LMIs para controle de um motor de indução trifásico com incertezas. In: DINCON, 2015, Natal. Proceedings... Natal: SBMAC, 2015.
- [5] J. Jung, V. Q. Leu, T. D. Do, E. Kim, H. H. Choi, "Adaptive PID speed control design for permanent

- Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica do IFMS - SEMICT 2021 magnet synchronous motor drives", IEEE Trans. Power Electron., vol. 30, no. 2, pp. 900-908, Feb. 2015.
- [6] L. Niu, D. Xu, M. Yang, X. Gui, Z. Liu, "On-line inertia identification algorithm for PI parameters optimization in speed loop", IEEE Trans. Power Electron., vol. 30, no. 2, pp. 849-859, Feb. 2015.
- [7] D. Q. Dang, M. S. Rifaq, H. H. Choi, J.-W. Jung, "Online parameter estimation technique for adaptive control applications of interior PM synchronous motor drives", IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 63, no. 3, pp. 1438-1449, Mar. 2016.
- [8] F. Alonge, F. D'Ippolito, A. Sferlazza, "Sensorless control of induction-motor drive based on robust Kalman filter and adaptive speed estimation", IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 61, no. 3, pp. 1444-1453, Mar. 2014.
- [9] N. Salvatore, A. Caponio, F. Neri, S. Stasi, G. L. Cascella, "Optimization of delayed-state Kalman-filter-based algorithm via differential evolution for sensorless control of induction motors", IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 57, no. 1, pp. 385-394, Jan. 2010.