

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE VELOCIDADE DE UM EIXO ROTATIVO¹

Nathaly Priscila Müller², Lorenzo Ratzlaff Hermann³, Guilherme Eckhardt⁴, Cristina Schoefer Dessbesell⁵, Luís Fernando Sauthier⁶, Maurício de Campos⁷

¹ Projeto de Pesquisa desenvolvido na Unijuí, pertencente ao Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC) em parceria com a Hidroenergia;

² Bolsista PROFAP, aluna do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, nathaly.muller@sou.unijui.edu.br.

³ Bolsista PROFAP, aluno do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, lorenzo.hermann@sou.unijui.edu.br.

⁴ Bolsista PROFAP, aluna do curso de Ciência da Computação da Unijuí, guilherme.eckhardt@sou.unijui.edu.br.

⁵ Bolsista PROFAP, aluna do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, cristina.dessbesell@sou.unijui.edu.br.

⁶ Professor Mestre do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, luis.sauthier@unijui.edu.br.

⁷ Professor Doutor do curso de Engenharia Elétrica da Unijuí, campos@unijui.edu.br

INTRODUÇÃO

São consideradas máquinas elétricas rotativas aquelas capazes de converter energia mecânica em energia elétrica e vice-versa, no primeiro caso é denominada de gerador e no segundo de motor. Uma das principais características destes equipamentos é que são capazes de converter a energia em ambos os sentidos e, portanto, sua aplicação depende da alimentação do mesmo. Tanto os motores quanto os geradores são compostos por duas partes, uma fixa e uma móvel, denominadas de estator e rotor, respectivamente (CHAPMAN, 2013).

Como rotor e estator são alimentados simultaneamente e devido a interação entre os dois fluxos, a velocidade angular do eixo pode ser alterada em função da potência absorvida ou fornecida ao circuito. Tendo em vista que, quando atuando como motor, o conjugado do eixo deve ser igual ao exigido pela carga, é necessário o controle da velocidade para o correto funcionamento do motor, visando aumentar a sua vida útil e evitar danos (SANTOS, 2017).

Desta forma, a velocidade é uma das principais grandezas que devem ser obtidas para o controle das máquinas elétricas. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema que aquisição de velocidade de um eixo rotativo.

METODOLOGIA

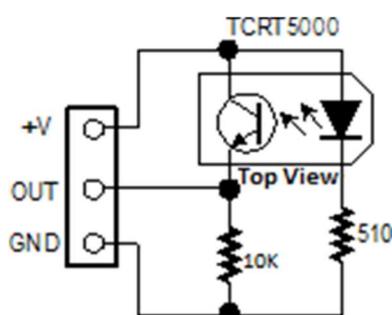
A metodologia utilizada no presente artigo é de caráter experimental, na qual foram realizados testes práticos a partir do uso de sensores para a aquisição da velocidade de um motor. A análise dos dados foi realizada de forma quantitativa através do uso de *software* MATLAB, desenvolvido pela empresa MathWorks®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista a importância da aquisição de velocidade das máquinas rotativas, existem duas principais maneiras de obter tal grandeza. A primeira delas é utilizando um sensor de efeito Hall, o qual tem seu funcionamento semelhante a um interruptor. Quando o mesmo se aproxima do polo norte de um ímã entra em condução e é desligado ao aproximar-se do polo sul. Desta forma, a saída do sensor consiste em um sinal de onda quadrada que varia linearmente de acordo com a velocidade (FERREIRA, 2016).

A segunda maneira de mensurar a velocidade é através de um sensor óptico. Semelhante ao método supracitado, este também fornece em sua saída uma onda quadrada, a qual varia de acordo com a velocidade de giro do motor. Seu princípio de funcionamento é baseado na reflexão de um feixe infravermelho emitido pelo sensor. Desta forma, quando o feixe de luz emitido por um LED atinge uma superfície clara é refletido para o fototransistor do sensor, o qual entra em modo de condução e, conseqüentemente, tem nível lógico baixo na saída. No entanto, quando o feixe atinge uma superfície escura, é absorvido pela mesma e o sensor sai do modo de condução, portanto, há nível lógico alto na saída (BERTOLDO, 2019).

Figura 01 – Configuração básica do sensor



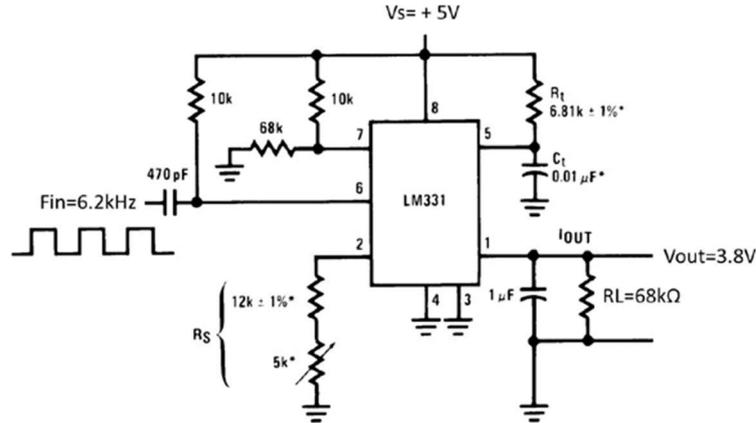
Fonte: Autores, 2023.

Apesar dos dois métodos apresentarem bons resultados, optou-se por utilizar um sensor óptico TCRT5000 como forma de aquisição de velocidade devido a disponibilidade no mercado e ao seu baixo custo quando comparado com o sensor de efeito Hall.

Os sinais de saída do sensor óptico podem ser interpretados pelo microcontrolador através do uso da interrupção externa. No entanto, na indisponibilidade deste, pode ser utilizado um circuito integrado LM 331, o qual consiste num conversor de frequência para tensão, indicado para conversão analógico-digital, integração de longo termo e demodulação linear de

frequência, entre outras. A figura 02 apresenta o seu esquema de ligação de acordo com o *datasheet*.

Figura 02 – Conversor de frequência para tensão



Fonte: National Semiconductor, 1996.

A partir de:

$$V_{out} = F_{in} 2,09 \frac{R_L}{R_s} R_t C_t \quad (01)$$

onde V_{out} é a tensão de saída do LM 331 (V), F_{in} representa a frequência de entrada (RPM) e R_s , R_L , R_t e C_t são componentes do circuito. Isolando F_{in} na equação (01) obtém-se os valores de rotação por minuto (RPM):

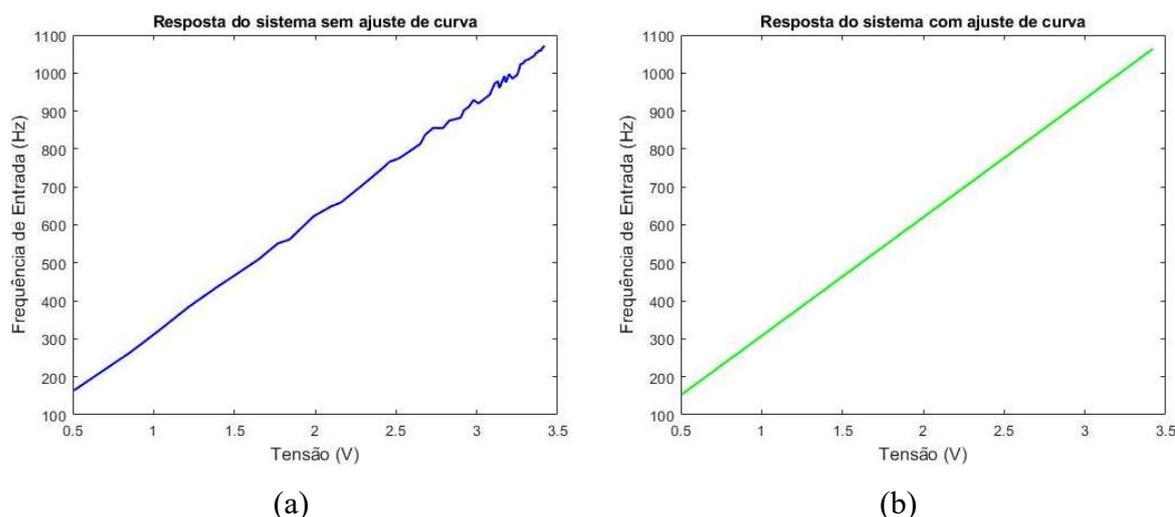
$$F_{in} = \frac{V_{out} R_s}{2,09 R_L R_t C_t} 60. \quad (02)$$

Após a realização de ensaios práticos e aquisição de dados, um teste de linearidade foi realizado com o auxílio do *software* MATLAB, desenvolvido pela empresa MathWorks®. No gráfico resultante, apresentado na figura 03 (a) é possível visualizar uma pequena variação nas frequências mais altas. Isso pode ser causado por ruídos provocados pelo sensor, ressonância, entre outros. A forma mais simples de garantir uma perfeita linearidade é através do ajuste de curvas, a qual foi realizada diretamente pelo MATLAB. O polinômio resultante deste ajuste é apresentado por:

$$F_{ajuste} = V_{out} 312,32 - 4,54 \quad (03)$$

onde F_{ajuste} consiste na frequência de entrada após o ajuste (RPM) e V_{out} é a tensão de saída do LM 331 (V). O resultado obtido após o ajuste de curvas é apresentado na figura 03 (b).

Figura 03 – Resposta do sistema antes (a) e após (b) o ajuste de curvas.



Fonte: Autores, 2023.

No segundo gráfico pode-se perceber uma nítida melhora do sistema, o qual passou a apresentar um comportamento perfeitamente linear. Desta forma foi possível validar os resultados obtidos, comprovando o correto funcionamento do sensor óptico TCRT5000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise dos dados obtidos em ensaios práticos pode-se perceber o correto funcionamento do sistema, atingindo assim o objetivo do presente trabalho. A partir dos resultados obtidos é possível observar que o sensor apresenta resultados satisfatórios, tendo em sua saída um sinal linear, o que comprova o correto dimensionamento dos componentes escolhidos para o projeto desenvolvido.

Palavras-chave: Aquisição de Velocidade. Sensor Óptico. Ajuste de Curva.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UNIJUÍ e a Hidroenergia pelo apoio financeiro a partir do edital FINEP Indústria 4.0 e ao Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTOLDO, Graciela Elizabeth Bönnmann. **Modelo Matemático ARIMAX de Propulsores Eletromecânicos com Sustentação Aerodinâmica Horizontal**. 2019. 84 f. Dissertação (Pós-Graduação em Modelagem Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI, Ijuí-RS, 2019. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/5949/Graciela%20Bertoldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 17 ago. 2023.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. 5. ed. [S. l.]: AMGH Editora, 2013. 698 p. ISBN 8580552079.

FERREIRA, Armando José Gomes Abrantes. **Estudo de métodos de estimação de posição e velocidade de máquina síncrona a ímã permanente a partir de sensores de efeito Hall digitais**. Orientador: Alexandre Cunha Oliveira. 2016. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica) - Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2016. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/18600/AMANDO%20JOS%20c3%89%20GOMES%20ABRANTES%20FERREIRA%20%20-%20TCC%20Eng.%20El%20c3%a9trica%202016.%20pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 17 ago. 2023.

NATIONAL SEMICONDUCTOR. **LM131A/LM131, LM231A/LM231, LM331A/LM331 Precision Voltage-to-Frequency Converters**. 1996. Disponível em: <https://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/nationalsemiconductor/DS005680>. Acesso em: 15 ago. 2023.

SANTOS, Nayara Ingrid Lisboa. **DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE GRÁFICA PARA ANÁLISE DE MÁQUINAS ELÉTRICAS DE INDUÇÃO**. Orientador: Maurício Beltrão de Rossiter Corrêa. 2017. 97 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.) - Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2017.