

ENGENHARIA ELÉTRICA:

Sistemas de energia elétrica
e telecomunicações

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
(Organizadores)

ENGENHARIA ELÉTRICA:

Sistemas de energia elétrica
e telecomunicações

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
(Organizadores)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharia elétrica: sistemas de energia elétrica e telecomunicações

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia elétrica: sistemas de energia elétrica e telecomunicações / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0400-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.002221708>

1. Engenharia elétrica. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Título.

CDD 621.3

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A engenharia elétrica tornou-se uma profissão há cerca de 130 anos, com o início da distribuição de eletricidade em caráter comercial e com a difusão acelerada do telégrafo em escala global no final do século XIX.

Na primeira metade do século XX a difusão da telefonia e da radiodifusão além do crescimento vigoroso dos sistemas elétricos de produção, transmissão e distribuição de eletricidade, deu os contornos definitivos para a carreira de engenheiro electricista que na segunda metade do século, com a difusão dos semicondutores e da computação gerou variações de ênfase de formação como engenheiros eletrônicos, de telecomunicações, de controle e automação ou de computação.

Não há padrões de desempenho em engenharia elétrica e da computação que sejam duradouros. Desde que Gordon E. Moore fez a sua clássica profecia tecnológica, em meados dos anos 60, a qual o número de transistores em um chip dobraria a cada 18 meses - padrão este válido até hoje – muita coisa mudou. Permanece porém a certeza de que não há tecnologia na neste campo do conhecimento que não possa ser substituída a qualquer momento por uma nova, oriunda de pesquisa científica nesta área.

Produzir conhecimento em engenharia elétrica é, portanto, atuar em fronteiras de padrões e técnicas de engenharia. Também se trata de uma área de conhecimento com uma grande amplitude de subáreas e especializações, algo desafiador para pesquisadores e engenheiros.

Neste livro temos uma diversidade de temas nas áreas níveis de profundidade e abordagens de pesquisa, envolvendo aspectos técnicos e científicos. Aos autores e editores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

APLICAÇÃO DO NÍOBIO NAS BATERIAS DE ÍONS DE LÍTIO

Claudinei Guilherme Hoffmann

Luciana Paro Scarin Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217081>

CAPÍTULO 2..... 14

FORECAST METHOD FOR RENEWABLE ENERGY SOURCES: A CASE STUDY OF THE ONTARIO'S ELECTRICAL SYSTEM

Bruno Knevez Hammerschmitt

Felipe Cirolini Lucchese

Marcelo Bruno Capeletti

Renato Grethe Negri

Leonardo Nogueira Fontoura da Silva

Fernando Guilherme Kaehler Guarda

Alzenira da Rosa Abaide

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217082>

CAPÍTULO 3..... 28

IDENTIFICADOR DE FALHAS PARA MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO BASEADO EM SUPPORT VECTOR MACHINE IMPLEMENTADO EM CLOUD

Jacyeude de Moraes Passos Araujo Segundo

Carlos Vinicius Alves Coimbra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217083>

CAPÍTULO 4..... 41

DETECÇÃO DE AVARIAS EM ISOLADORES DE POTÊNCIA: UMA PESQUISA DA LITERATURA CORRELATA À UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS INTELIGENTES

Ivan Nunes da Silva

Beatriz de Lima Tavares

Sofia Moreira de Andrade Lopes

Danilo Hernane Spatti

Rogério Andrade Flauzino

Victor Hideki Yoshizumi

Ana Cláudia Carvalho Barquete

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217084>

CAPÍTULO 5..... 56

LEITURA DE PARÂMENTOS DE MOVIMENTO DE UM PÊNDULO RÍGIDO CONTÍNUO UTILIZANDO SENSOR DE EFEITO HALL

Getúlio Teruo Tateoki

Jackson Tsukada

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217085>

CAPÍTULO 6.....	65
PANELES FOTOVOLTAICOS ADICIONALES A COLECTORES PARABÓLICOS PARA UN SISTEMA AUTÓNOMO DE AIRE ACONDICIONADO SOLAR EN ZONAS TROPICALES	
Rosenberg J Romero	
Yuridiana Rocio Galindo Luna	
Jesús Cerezo Román	
Moisés Montiel González	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217086	
CAPÍTULO 7.....	94
UM MODELO HÍBRIDO DE BUSCA HARMÔNICA E OTIMIZAÇÃO POR ENXAME DE PARTÍCULAS APLICADO NO PROJETO DO CONTROLADOR LQR	
Luis B. P. Nascimento	
Vandilberto P. Pinto	
Márcio A. B. Amora	
Rômulo N. C. Almeida	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217087	
CAPÍTULO 8.....	108
MODELAGEM, SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE MOVIMENTO DO ROBÔ MANIPULADOR SCARA T3 401SS FABRICANTE EPSON	
Bruno Suracci de Lima	
Flávio Luiz Rossini	
João Henrique Dias Corrêa	
João Marcos Pericaro Lopes	
Reginaldo Ferreira de Sousa Barbosa	
Yuri Ruzzene Barroso	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217088	
CAPÍTULO 9.....	126
SIMULAÇÃO E ANÁLISE DO SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA SOB A FORMA DE HIDROGÊNIO (SAEEH ₂) INSTALADO NA UHE ENG. SÉRGIO MOTA UTILIZANDO O SOFTWARE HOMER	
Juarez Corrêa Furtado Júnior	
Ennio Peres da Silva	
Vitor Feitosa Riedel	
Ana Beatriz Barros Souza	
Hélio Nunes de Souza Filho	
Demóstenes Barbosa da Silva	
Diogo Hernandez de Oliveira Barbosa	
Thiago Dias Alencar Ferreira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0022217089	
SOBRE OS ORGANIZADORES	138
ÍNDICE REMISSIVO.....	139

LEITURA DE PARÂMETROS DE MOVIMENTO DE UM PÊNDULO RÍGIDO CONTÍNUO UTILIZANDO SENSOR DE EFEITO HALL

Data de aceite: 01/08/2022

Getúlio Teruo Tateoki

IFSP-Campus Avançado Tupã
Tupã, SP, Brasil

Jackson Tsukada

FEITEP-Faculdade de Engenharia e Inovação
Técnico Profissional
Maringá, PR, Brasil

INTRODUÇÃO

Atualmente, existem vários dispositivos sensores desenvolvidos e já utilizados em diversos tipos de aparelhos eletroeletrônicos. Um deles é o sensor de efeito Hall (HAMSDEN, Edward Hall) que ao detectar em sua proximidade a presença de um campo magnético eleva um nível de tensão elétrica na sua saída.

Este dispositivo pode ser utilizado para fazer com que, ao detectar a presença de um determinado sentido de um campo magnético por um ímã (GRIFFITHS, David J.) faz acionar um campo magnético de sentido oposto ao mesmo através de uma bobina causando conseqüentemente entre si uma repulsão e com isso, fazendo movimentar um pêndulo rígido de forma contínua. Devido à interação física existente entre a movimentação do pêndulo (HALLIDAY, David; RESNICK, Robert.) e eletrônica originada e detectada pelo sensor,

a leitura de seus parâmetros de funcionamento podem ser efetuados de uma maneira eficaz.

Este trabalho teve por finalidade mostrar a descrição do funcionamento, leitura da frequência e de parâmetros da tensão de alimentação e corrente fornecido à bobina para movimento de um pêndulo rígido contínuo para análise e coleta de dados utilizando sensor de efeito Hall que posteriormente pode ser utilizado para outras análises e conclusões.

METODOLOGIA

Para obter a funcionalidade, bem como as suas leituras correspondentes do movimento do pêndulo rígido foi inicialmente estudadas, analisadas e elaboradas em várias partes:

- Estudo e análise dos sensores de efeito Hall;
- Circuito de acionamento do solenoide;
- Estudo, análise e construção do solenoide;
- Construção do pêndulo rígido e
- Leitura de medidas do movimento do pêndulo.

Estudo e análise dos sensores de efeito Hall

Os sensores de efeito Hall detectam a presença de um campo magnético em sua proximidade e enviam um sinal elétrico na sua

saída. São constituídos por materiais semicondutores que com a força originada pela presença de um campo magnético faz desviar a trajetória do percurso de cargas elétricas proporcionado pela aplicação de uma corrente elétrica externa (RAMSDEN, Edward.). O acúmulo dessas cargas elétricas nas faces laterais proporciona uma diferença de potencial que pode ser detectada conforme a Figura 1.

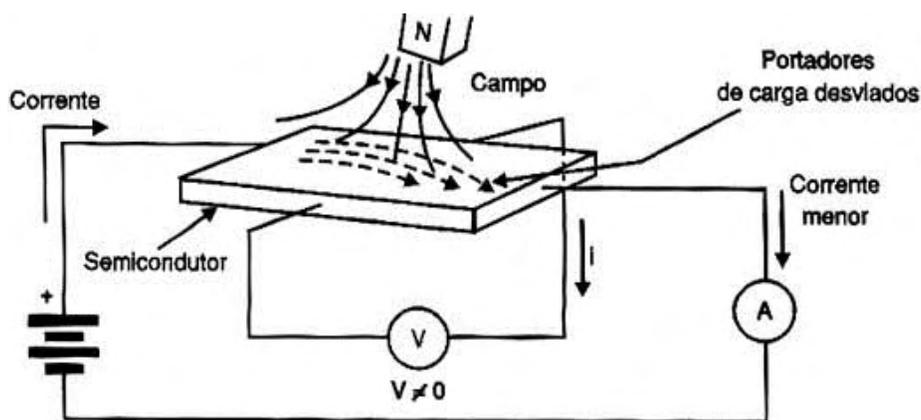


Figura 1- Princípio de detecção de campo magnético pelo sensor de efeito Hall

Fonte: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/6640-como-funcionam-os-sensores-de-efeito-hall-art1050>>

Existem basicamente quatro tipos de sensores: Monopolar, que opera na presença de um campo magnético positivo, cessando quando este campo se vai; Bipolar, que detecta e permanece em operação na presença de um campo magnético de polo sul e só cessa quando detecta um campo magnético de polo norte; Omnipolar, que detecta e permanece em operação tanto na presença de um campo magnético de polo sul ou norte e só cessa quando detecta um campo magnético de sentido oposto; Latch de efeito Hall, que tem sua entrada acionada na presença de um ímã e mantém acionada até que sinta novamente a presença de um campo magnético. Foi utilizado neste trabalho o sensor Omnipolar devido à simplicidade na sua elaboração e montagem, não necessitando com isso na montagem do pêndulo ficar observando se o ímã fixado na extremidade do pêndulo está posicionado perante a bobina com o polo voltado para o norte ou sul.

Circuito de acionamento do solenoide

O circuito de acionamento do solenoide serve para magnetizar um solenoide toda vez que através de um sensor de efeito Hall detectar a presença de um campo magnético. O campo magnético gerado no solenoide deverá possuir a mesma polaridade do ímã, ou seja, se o ímã tiver polaridade norte o campo magnético gerado também deverá também ser e vice versa para que produza entre ambos uma força de repulsão fazendo que

assim, toda vez que o ímã passar diante do solenoide surja uma força que faça acelerar o movimento do pêndulo (RAMSDEN, Edward.). Além disso, este circuito deve introduzir um tempo de retardo entre o momento da sensibilização do campo magnético e o acionamento do solenoide para que o pêndulo possa continuar a sua trajetória, porém com uma força introduzida pela presença do campo magnético originado pelo solenoide.

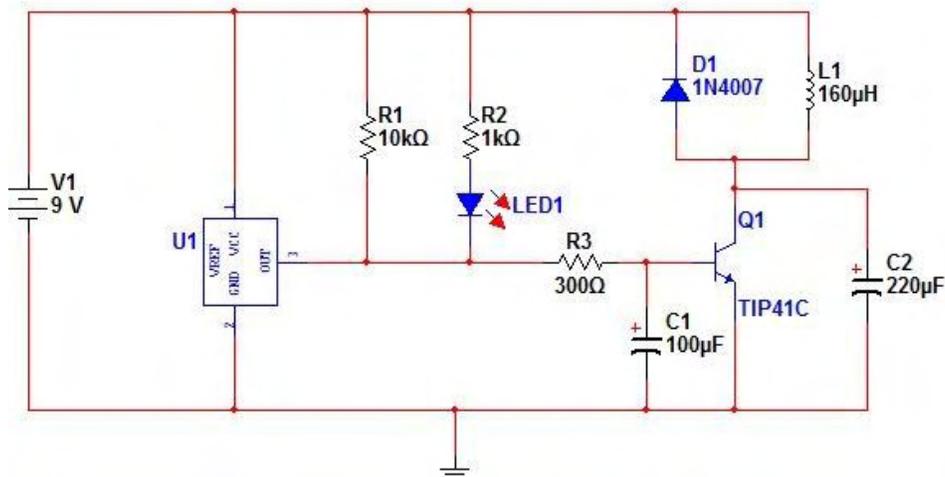


Figura 2 – Circuito de acionamento de solenoide

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Conforme mostra o esquema elétrico da Figura 2 o circuito de solenoide é basicamente um dispositivo que proporciona um ganho de corrente através do transistor TIP41C com um tempo de retardo ocasionado pelo resistor R3 e capacitor C1. O sensor de efeito Hall, indicado como U1 na figura, emite um sinal de nível alto na sua saída 3 toda vez que detectar a presença de um campo magnético e assim permanece e só volta ao nível baixo quando sentir a presença de um novo campo magnético de sentido oposto, que é ocasionado pelo solenoide. O LED1 serve para indicar este campo magnético detectado pelo sensor. O diodo D1 impede que a corrente elétrica ocasionada devido à interrupção da energia armazenada no solenoide indicado como L1 possa fluir no coletor do transistor o que poderia causar dano no mesmo. Ainda, o capacitor C2 tem a função de manter a tensão no coletor do transistor bastante estável o que facilita a sua visualização no osciloscópio. A foto da Figura 3 mostra este circuito montado em uma placa de circuito impresso e o sensor de efeito Hall preso ao solenoide que causa a repulsão do ímã.

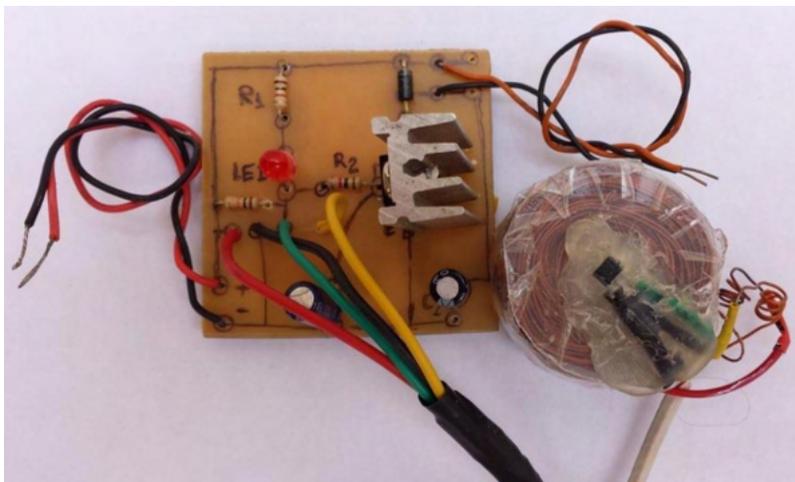


Figura 3 – Foto do circuito de acionamento de solenoide e o sensor de efeito Hall preso ao solenoide.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Estudo, análise e construção do solenoide

Conforme mostrado na figura 3, o solenoide é composto de 140 espiras de fio esmaltado 28 AWG enrolado em um suporte de cilindro de plástico oco de 4 mm² de diâmetro por 10 mm de comprimento perfazendo uma indutância de 160 μ H. Este solenoide produz um campo magnético é capaz de repelir e impulsionar o ímã ocasionando uma força capaz de acelerar o movimento do pêndulo.

Construção do pêndulo rígido

O pêndulo rígido foi montado em um suporte de madeira. Sua haste de um fio rígido de alumínio possui 125 mm de comprimento pendurado em um prego que permite que gire livremente com um mínimo de atrito. A foto da Figura 4 mostra o detalhe de construção deste pêndulo. Pode se observar ainda que existe um transferidor de plástico transparente que permite mostrar o grau de inclinação do pêndulo quando o mesmo estiver em movimento.

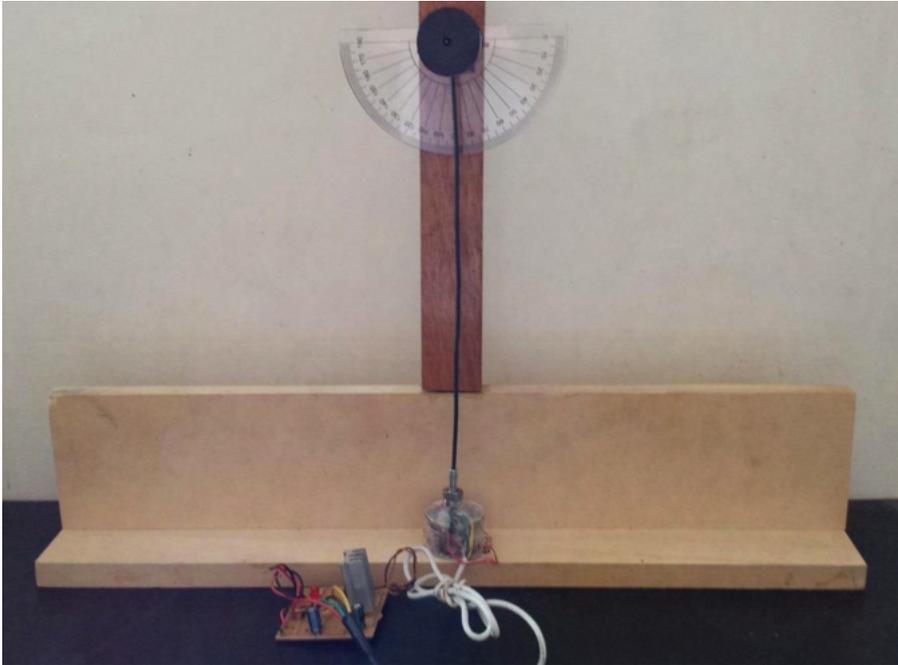


Figura 4 – Foto do pêndulo rígido pendurado em um prego

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Leitura de medidas do movimento do pêndulo

Para a leitura do movimento do pêndulo, foi realizado um estudo teórico prévio do movimento de um pêndulo rígido. Originariamente este estudo é baseado em um pêndulo simples com oscilações de pequenas amplitudes.

Um pêndulo simples consiste em um corpo de massa m , suspenso por um fio rígido de massa desprezível e comprimento L , que descreve um movimento oscilatório no plano vertical como mostra a Figura 5a. Sobre o corpo, atuam duas forças: o peso P , com a direção vertical, e a tensão T exercida pelo fio, com a direção do fio, tal como está representado na figura 5b (LUNAZZI, José J. Pendulo).

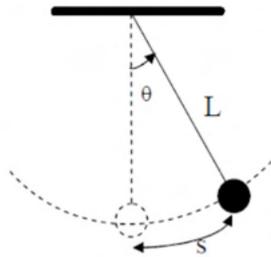


Figura 5a - Esquema de um pêndulo simples

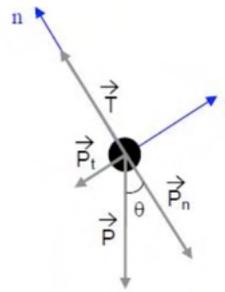


Figura 5b - Forças aplicadas em um corpo suspenso

Fonte: Pêndulo – Guia Laboratório – Trabalho nº 3 - ISEC

O período T_0 do movimento harmônico simples descrito pelo pêndulo é dado por:

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1)$$

Onde:

T_0 : Período do movimento angular

L: Comprimento do pêndulo

g: Aceleração da gravidade

Uma vez que a frequência f_0 é o inverso do período:

$$f_0 = \frac{1}{T_0} \quad (2)$$

A frequência f_0 do movimento é dada por:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (3)$$

O valor de aceleração da gravidade g pode ser calculado através da expressão:

$$g = 9.78032 - 0.1967 \times 10^{-5}h \quad (4)$$

Sendo h a altura em relação ao nível do mar onde se encontra o pêndulo para ser feita os ensaios de medidas. Considerando-se que o local onde foram efetuadas as medidas é 390 m então:

$$g = 9.78032 - 0.1967 \times 10^{-5} \times 390 = 9.77955 \text{ m/s}^2 \quad (5)$$

Frequência mensurada do pêndulo

O pêndulo tem o comprimento $L = 0.24$ m. Logo a frequência teórica deve ser de $f_{0T} = 1,0159\text{Hz}$. No procedimento experimental a frequência obtida foi de $f_{0p} = 1,0125$ Hz. Um erro experimental de 0,33% que pode ser considerado a leitura como bastante precisa.

Medidas de do ângulo θ em função da variação da tensão de fonte de alimentação do circuito do pendulo (V_F) e de corrente na bobona (I_B)

A variação do ângulo θ em função da tensão de fonte de alimentação se deve à energia gerada em forma de campo magnético que faz impulsionar o movimento do pêndulo causando um movimento acelerado fazendo que assim tenha um movimento contínuo intermitente. Quanto maior o valor desta tensão da fonte maior será o impulso dado ao pêndulo. Conseqüentemente, quanto maior a corrente aplicada na bobina I_B maior também será o ângulo θ .

Foram efetuadas medidas de angulo θ em graus em função da variação tensão da fonte de alimentação e de corrente na bobina I_B . Os resultados obtidos estão na Tabela 1 e seu gráfico nas Figuras 6 e 7.

Medida n°	V_F (V)	I_B (mA)	Ângulo θ (°)
1	1	8	5
2	2	16	6
3	3	24	8
4	4	32	10
5	5	40	12
6	6	48	15
7	7	56	18
8	8	64	21
9	9	72	25
10	10	80	29
11	11	88	33
12	12	96	37

Tabela 1: Medidas do ângulo θ (°) em função da variação da tensão de fonte de alimentação (V_F) e de corrente na bobina (I_B)

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

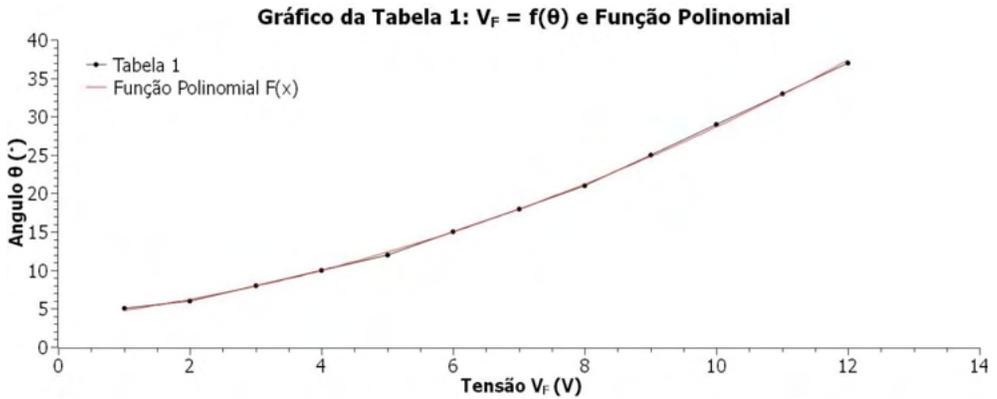


Figura 6 – Gráfico da variação do ângulo em função da variação da tensão de alimentação e também de sua correspondente função polinomial.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

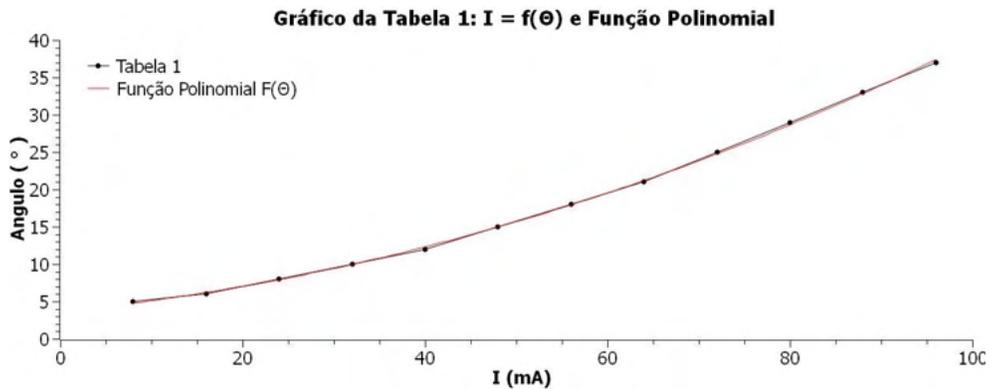


Figura 7 – Gráfico da variação do ângulo em função da variação da corrente aplicada na bobina e também de sua correspondente função polinomial.

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Pode-se observar que ambos os gráficos são semelhante à medida que se aumenta a tensão da fonte, o que proporcionalmente irá aumentar a corrente aplicada na bobina.

Através da interpolação pelo software SciDavis obteve-se como resultado as equações de tensão $V = f(\theta)$ e $I = f(\theta)$:

$$V_f = 0.153\theta^2 + 0.964\theta + 3.659 \quad [V] \quad (6)$$

$$I_f = 3.659\theta^2 + 0.120\theta + 0.023 \quad [mA] \quad (7)$$

Estes resultados são importantes porque nos permite analisar o comportamento de diversos outros movimentos em condições análogas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho mostrou a possibilidade de confeccionar um pêndulo rígido de oscilações intermitente utilizando um circuito eletrônico com sensor de efeito Hall que pode ser utilizado para estudo e análise do seu comportamento físico, cálculo de altura de um determinado local em relação ao nível do mar através de medição da frequência de oscilação e em demonstrações de eventos científicos.

No resultado das medidas apresentadas, pôde-se constatar conforme esperado que a frequência de oscilação não depende da variação do ângulo ocasionado pela variação de tensão da fonte de alimentação. Esta variação está condicionada unicamente a aceleração da gravidade e do comprimento da haste do pendulo.

REFERÊNCIAS

BRAGA, Newton C. Como funcionam os sensores de efeito Hall (ART1050) Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/6640-como-funcionam-os-sensores-de-efeito-hall-art1050>> Acesso em: 21.09.2018.

GRIFFITHS, David J. Eletrodinâmica. 3ª ed. Traduzida. São Paulo. Editora Pearson. 1993.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. Fundamentos de Física 1: Mecânica. 3ª ed Traduzida. Rio de Janeiro. Editora Livros Técnicos e Científicos S.A. 1994.

LUNAZZI, José J. Pendulo. Tópicos de Ensino da Física II F709. IFGW. UNICAMP.2007.

MERIAM, James L; KRAIGE L G. Dinâmica. Mecânica para Engenharia. 6ª ed. Traduzida. Rio de Janeiro. Editora Livros Técnicos e Científicos S.A. 2009.

PENDULO – Guia de Laboratório, Trabalho nº 3 – ISEC – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

RAMSDEN, Edward. Hall Efect Sensor. Theory and Applications. 2ª ed. Editora Newnes. 2006.

TIPPLER, Paul A. Física para Cientistas e Engenheiros: Vol. 1 Mecânica. 3ª ed Traduzida. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan S.A. 1994.

SCIDAVIS, Tutorial do. UFMG, Departamento de Física, Laboratório de Introdução à Física Experimental. Disponível em < lilith.fisica.ufmg.br/~lab1/Tutorial_SciDAVis_bug.pdf > Acesso em 08.10.2018

Zilio S C; BAGNATO V S. Mecânica, Calor e Onda. Disponível em < <http://www.fisica.net/ondulatoria/Mecanica-Calor-Ondas.pdf>> Acesso em 22.09.2018

ÍNDICE REMISSIVO

A

Âodos 1, 5, 7, 8

Aprendizado de máquina 28

Aprendizagem de máquinas 41, 45

Armazenamento de energia 2, 6, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 136, 137

B

Bateria 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Busca harmônica 94, 95, 96, 99, 100, 101, 102, 105, 107

C

Cátodos 1, 3, 4, 5, 9, 10, 12

Computação na nuvem 28, 36

Controle inteligente 95

Controle ótimo 95, 98

E

Electric system 14, 15, 16, 17, 25

Excedente de energia 126

F

Fontes renováveis 126, 127, 128, 131, 136, 137

H

Hidrogênio 126, 127, 128, 129, 131, 132, 134, 135, 136, 137

I

IBM Cloud 28, 29, 30, 39

Isoladores de potência 41, 42, 52

M

Máquinas de vetores de suporte 28, 31, 40, 45

Modelagem cinemática 108

Modelagem dinâmica 108, 119

Motor de indução trifásico 28, 29, 35

N

Nióbio 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

O

Otimização por enxame de partículas 45, 94, 95, 97, 100, 105

P

Photovoltaic solar power 15

Power generation forecasting 15

R

Regulador linear quadrático 94, 95, 96, 98, 105, 107

Renewable energy 14, 15, 16, 20, 25, 26, 27, 92, 131, 136, 137

Robô Scara T3 401SS 108

S

Sistema de controle não linear 108

Sistemas de transmissão de energia elétrica 41

Sistemas inteligentes 29, 41, 43, 44, 46, 48, 50, 51, 52

SPSS Modeler 28, 29, 30, 31, 37, 38

W

Wind power 14, 15, 17, 20, 21, 22, 24, 26

ENGENHARIA ELÉTRICA:

Sistemas de energia elétrica
e telecomunicações

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](#) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

ENGENHARIA ELÉTRICA:

Sistemas de energia elétrica
e telecomunicações

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](#) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 