



INTERNET DAS COISAS APLICADA NO ENSINO DE ACIONAMENTO DE MOTORES DE INDUÇÃO

Jonatas M. Soares – jonattasms@gmail.com

Universidade Federal do Piauí - Campus Universitário Ministro Petrônio Portella
Avenida Universitária - Bairro Ininga
64.049-550 – Teresina – Piauí

Amanda P. Monteiro – amanda.monteiro@ee.ufcg.edu.br

Universidade Federal de Campina Grande - Departamento de Engenharia Elétrica
Rua Aprígio Veloso, 882
58.429-900 – Campina Grande – Paraíba

João L. S. Filho – joao-fi@hotmail.com

Universidade Federal do Piauí - Campus Universitário Ministro Petrônio Portella
Avenida Universitária - Bairro Ininga
64.049-550 – Teresina – Piauí

Tcharllys V. Sousa – tcviana@icloud.com

Universidade Federal do Piauí - Campus Universitário Ministro Petrônio Portella
Avenida Universitária - Bairro Ininga
64.049-550 – Teresina – Piauí

Resumo: *O presente trabalho discorre sobre um método alternativo de partida e controle de um motor trifásico de indução. Essa técnica propõe a utilização do hardware Intel® Edison para acionar o motor em estrela-triângulo e fazer sua reversão de modo temporizado. O motor é acionado pelo dispositivo móvel a partir da rede Wi-Fi disponível acessando um site que foi desenvolvido. Esse site contém todas as opções para o acesso remoto do hardware e conseqüentemente do motor. Uma vez que seja dada uma instrução no website, o hardware responde a essa excitação ativando um conjunto de relés que energiza os contatos de força acionando o motor. O trabalho proposto permite vislumbrar uma potencial ferramenta de aprendizagem na engenharia elétrica e áreas afins, já que o ambiente apresenta facilidade de utilização e interface extremamente amigável, propiciando facilidade de manuseio e despertando o interesse dos usuários no acionamento de máquinas elétricas.*

Palavras-chave: *Motor de indução, Intel Edison, Partida de motores, Internet das coisas.*

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico vem permitindo um aumento ostensivo de processos automatizados em todas as áreas de trabalho e pesquisa. Em busca de um melhor controle e de uma maior eficiência, sobretudo nos meios industriais, sente-se uma necessidade de interligação entre os sistemas. Portanto, verifica-se o surgimento da tendência de manter tudo conectado. Esta necessidade gera uma revolução tecnológica que está em curso atualmente e que é chamada de “internet das coisas”.

Ao conectar objetos com diversos recursos disponíveis a uma rede, potencializa-se o surgimento de novas aplicações. O objetivo da integração da Internet das Coisas neste estudo é promover, através de experiência práticas, a melhor aprendizagem dos conceitos teóricos adquiridos, além de ser muito útil para pesquisa científica e também para a integração entre diferentes disciplinas, como por exemplo, Programação, Comandos Elétricos, Máquinas Elétricas e Eletrônica de Potência. Além do seguimento dessas novas tendências tecnológicas, a interligação dessas várias áreas da engenharia elétrica promove a obtenção de circuitos elétricos mais práticos, de fácil análise e mais dinâmicos.

2. OBJETOS INTELIGENTES INSERIDOS NO CONTEXTO DA INTERNET DAS COISAS

2.1. Internet das Coisas

Em termos gerais, a Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*), refere-se a interconectividade de objetos cotidianos que são equipados com tecnologias inteligentes e onipresentes (XIA et al., 2012). Graças ao rápido avanço dessas tecnologias esse conceito encontra-se cada vez mais presente em um vasto número de aplicações que visam o aprimoramento da qualidade de vida da sociedade.

Objetos inteligentes são uma unidade de hardware que apresenta uma ou mais das seguintes características: unidade de processamento, memória, comunicação, sensor e atuador. Eles são fundamentais na evolução da tecnologia, visto que possuem capacidade de comunicação e processamento aliados a sensores, os quais transformam a utilidade destes objetos (SANTOS et al., 2016).

A IoT pode ser vista como uma combinação de diversas tecnologias integradas no ambiente físico e virtual. A Figura 1 apresenta os blocos essenciais da construção da IoT, segundo (SANTOS et al., 2016), sendo eles:

- Sensor: coletam informações da posição do objeto e posteriormente armazenam o dado.
- Atuador: reagem ou manipulam o ambiente que estão inseridos de acordo com o dado lido.
- Comunicação: inclui as diferentes técnicas para conectar os objetos inteligentes, tais como Wi-fi, Bluetooth e Identificação por radiofrequência (*Radio-Frequency Identification - RFID*).
- Identificação: identifica os objetos para conectá-los à internet. Tecnologias tais como RFID, Comunicação por Campo de Proximidade (*Near Field Communication*

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



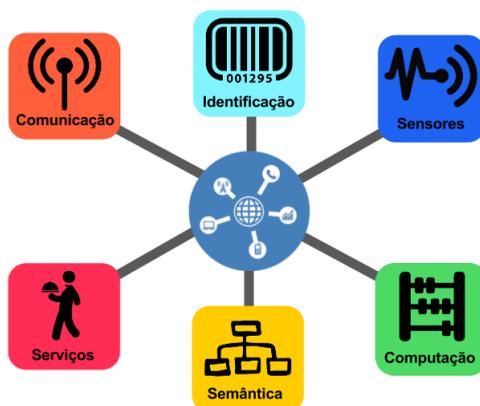
Promoção



- *NFC*) e endereçamento de Internet de Protocolo (*Internet Protocol - IP*) são empregados para identificá-los.

- Semântica: técnica de extrair informações dos objetos inteligentes.
- Computação: são as unidades de processamento, responsáveis por executar os algoritmos locais nos objetos inteligentes, como, por exemplo, microcontroladores e Arranjo de Portas Programáveis em Campo (*Field Programmable Gate Array - FPGA*).
- Serviços: mapeiam entidades físicas em entidades virtuais, coleta de dados obtidos dos objetos inteligentes, reagem de modo adequado a um determinado cenário, visam prover serviços de colaboração em qualquer momento e lugar.

Figura 1 – Blocos essenciais da IoT.



2.2. Hardware Intel® Edison

O módulo computacional Intel® Edison foi projetado para diminuir as barreiras para que qualquer pessoa seja capaz de protocolar e produzir IoT (INTEL®, 2017a). Ele pode ser considerado como um computador de tamanho bastante reduzido que contém periféricos úteis para comunicação com o mundo exterior em um único encapsulamento. A Figura 2(a) apresenta o módulo Intel® Edison.

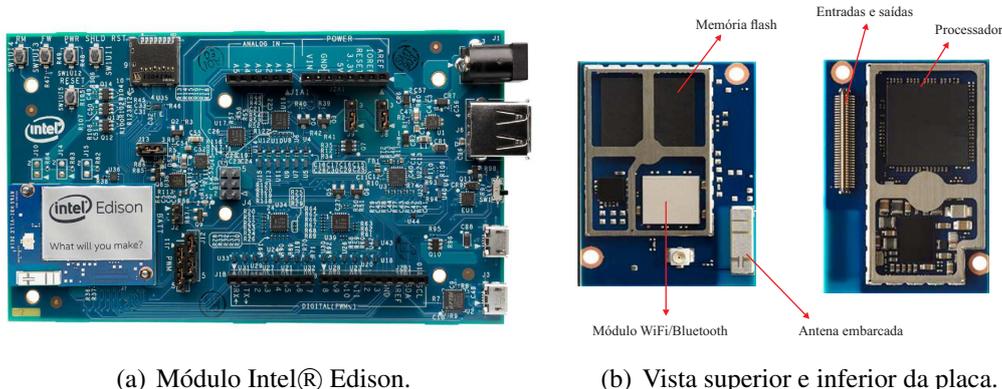
Possui um processador Intel Atom SoC (*System on the Chip*) dual core de 500 MHz, Wi-fi, bluetooth de baixo consumo, 4 GB de memória flash, 70 pinos de entrada e saída, distribuídos com múltiplas funções, além de poder ser programado em várias linguagens de programação, tais como C, C++, *Python* ou *JavaScript* (INTEL®, 2017b) Toda a versatilidade dessa plataforma permite a prototipagem de plataformas de média e alta complexidade em tempo e custos reduzidos quando comparado às antigas tecnologias. A Figura 2(b) apresenta a vista superior e inferior do módulo.

Organização

Promoção



Figura 2 – Intel® Edison.



3. ESQUEMAS DE LIGAÇÃO

Com o auxílio da Intel® Edison é possível automatizar esquemas de ligação para partida de motores de indução trifásico. A placa serve como um meio de comunicação entre o *website* e um conjunto de relés que acionam a contatora responsável pela alimentação do motor de indução. Este parte de um comando *online* com partida estrela-triângulo temporizada com reversão.

3.1. Partida de um motor de indução

Os motores de indução não apresentam os tipos de problemas de partida apresentados pelos motores síncronos. Em muitos casos, a partida dos motores de indução pode ser feita simplesmente ligando-os diretamente à linha de potência (CHAPMAN, 2013). No entanto, muitas vezes essa partida simples não pode ser realizada por que a corrente de partida é até 8 vezes maior que a corrente nominal do motor, podendo causar uma queda de tensão temporária no sistema. Assim, conclui-se que o esquema de partida direta à linha é inaceitável em sistemas industriais.

Para contornar este problema, a corrente de partida de um motor trifásico de indução pode ser reduzida por meio de um circuito de partida sob a pena de perder conjugado de partida (CHAPMAN, 2013). Na subseção a seguir é explorado um dos métodos que promovem a redução da corrente de partida de um motor.

3.2. Partida estrela-triângulo

A chave estrela-triângulo é utilizada para reduzir as correntes de partida em motores de indução trifásicos, já que é de 5 a 8 vezes o valor da corrente nominal a plena carga e pode causar efeitos indesejados, como a elevada queda de tensão e redução no conjugado do motor durante a partida (CHAPMAN, 2013). É aplicada em máquinas que partem a vazio (sem carga) e consiste na ligação do estator em estrela e, após tempo suficiente para que o motor atinja 90 % da rotação nominal, muda-se a conexão para triângulo através de um temporizador.

Dessa forma, a corrente e o conjugado, em estrela, são reduzidos a 33% do valor que teriam na partida direta em triângulo. Isso acontece porque quando o enrolamento do motor é mudado de uma ligação delta para uma ligação estrela, a tensão de fase do



enrolamento diminui de V para $V/\sqrt{3}$. Quando o motor acelerar até próximo de sua velocidade plena, os enrolamentos do estator são abertos e religados em uma configuração delta. Normalmente, essa técnica é exigida pelas concessionárias de energia para motores de potência maior do que 5 CV (KEHR, 1993).

3.3. Partida com reversão

O motor de indução trifásico é aplicado em inúmeras atividades do cotidiano, as quais requerem a rotação do motor em sentido horário ou anti-horário. Assim, é utilizado a partida com reversão para que seja fornecido ao operador a opção de realizar a inversão de rotação do motor quando desejado. Para o funcionamento essa operação necessita-se de seis comandos de força oriundos de duas contadoras, dentre os quais, utiliza-se três para a rotação em um sentido e os demais para o sentido oposto.

4. FORMULAÇÃO DO CONHECIMENTO NA ENGENHARIA

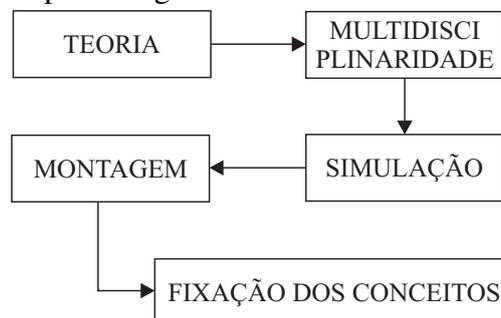
A formulação do ensino de engenharia, é fundamental aliar teoria à prática, de forma a permitir o desenvolvimento do aluno e capacitá-lo no exercício de sua profissão.

As aulas de engenharia, muitas vezes, são ministradas de forma estritamente teórica. A simulação vem ocupando um papel de destaque no processo de aprendizagem. A utilização de um software computacional é fundamental, pois orienta o aluno no desenvolvimento “pré-experimental” de uma maneira rápida e segura, além de evitar erros e falhas (SANTOS et al., 2012).

Após a realização das simulações, é fundamental a execução de experimentos, pois possibilita o aluno utilizar as aulas teóricas como lócus para raciocinar e auxiliar na tomada de decisões, além de aprimorar a observação, paciência e estimular o senso crítico e curiosidade. A prática em laboratório é uma ferramenta importante no processo de aprendizagem, visto que, além de cumprir o conteúdo previsto e adquirido na teoria, forma indivíduos críticos e já preparados para o mercado de trabalho.

A Figura 3 apresenta um diagrama representando cada etapa de aprendizagem dos alunos de engenharia, desde as aulas expositivas até a parte experimental, onde, de fato, ocorre a assimilação e fixação do conhecimento.

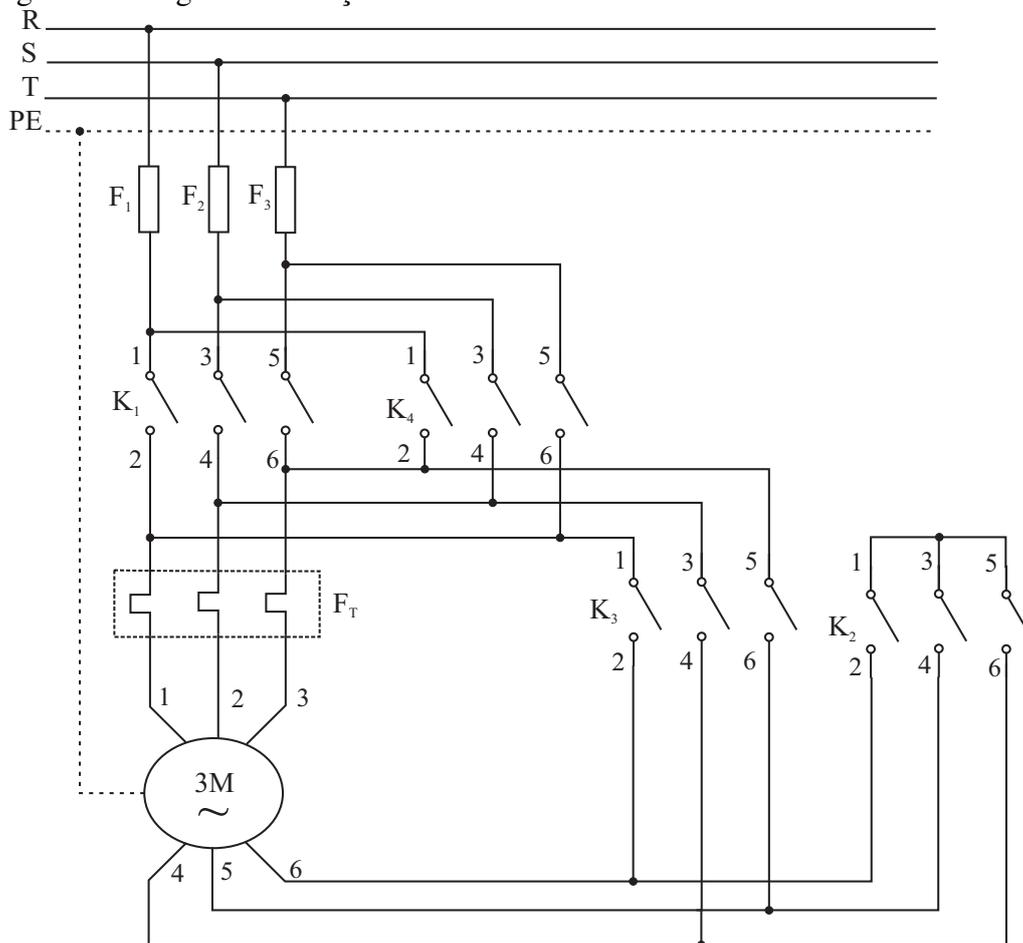
Figura 3 – Processo de aprendizagem.



Nas seções anteriores, foram apresentados conteúdos teóricos referentes aos diversos assuntos abordados neste trabalho. Nas seções posteriores, serão apresentadas simulação, métodos e montagem realizados, seguindo o diagrama da Figura 3, afim da consolidação



Figura 4 – Diagrama de força.



do conhecimento.

5. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A partida estrela-triângulo com reversão do motor de indução foi simulada no *software* CadSimu®. O diagrama de força é apresentado na Figura 4.

Na simulação, não foi possível utilizar a placa Intel® Edison para realizar o comando. Portanto, o sistema foi emulado com o diagrama de comando elaborado pelos autores, como apresentado na Figura 5.

A sequência operacional ocorre da seguinte forma: com o botão B_1 pressionado, as contadoras K_1 e K_2 são energizadas, de forma que o temporizador D dá início à contagem de tempo pre determinada pelo usuário. Neste exato momento, o motor está ligado em estrela e girando em sentido horário. Após o tempo determinado, o contato do temporizador D é fechado. Assim, a contadora K_2 é desenergizada e K_3 é energizada, de forma que o motor agora está ligado em triângulo e no sentido horário.

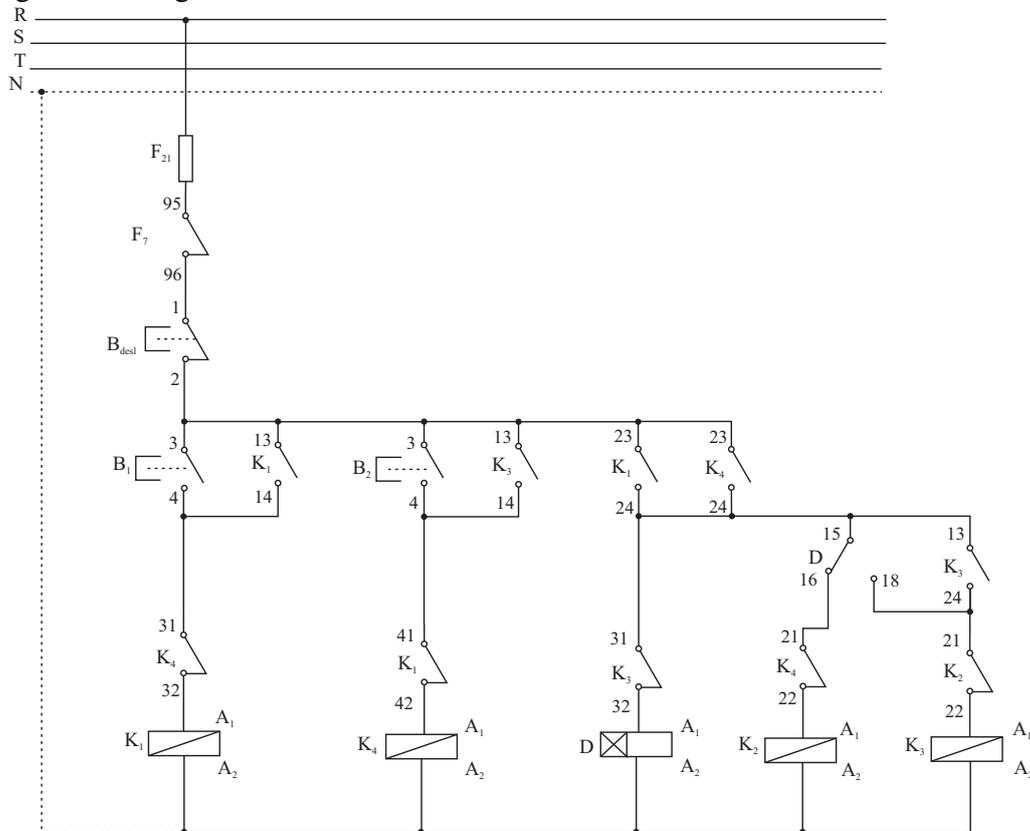
Ao pressionar o botão B_2 , as contadoras K_2 e K_4 são energizadas e o temporizador D dá início a contagem de tempo. Neste momento, o motor está ligado em estrela e no sentido anti-horário. Após o tempo determinado, o contato do temporizador D muda de

Organização

Promoção



Figura 5 – Diagrama de comando.



posição e as contadoras K_2 e K_4 são desenergizada e energizada, respectivamente. Agora, o motor está ligado em triângulo e girando no sentido anti-horário.

6. METODOLOGIA E IMPLEMENTAÇÃO

O projeto trata-se do acionamento de um motor de indução trifásico através de um *website* criado e hospedado na placa Intel® Edison. Para a realização dessa atividade necessitou-se de cinco etapas:

- (I) Desenvolvimento do código do *website* usando a linguagem de programação *JavaScript*;
- (II) Montagem do circuito eletrônico, vide Figura 6 responsável pela proteção da placa Intel® Edison contra o efeito das correntes reversas provenientes dos relés;
- (III) Conexão e soldagem dos relés aos *plugs* banana e circuito eletrônico, apresentado na Figura 7(a);
- (IV) Montagem do diagrama de força, semelhante à Figura 4, usando as contadoras e sua posterior conexão ao motor de indução trifásico;
- (V) Interconexão entre os circuitos eletrônicos e de acionamento.



Figura 6 – Esquema do circuito de proteção.

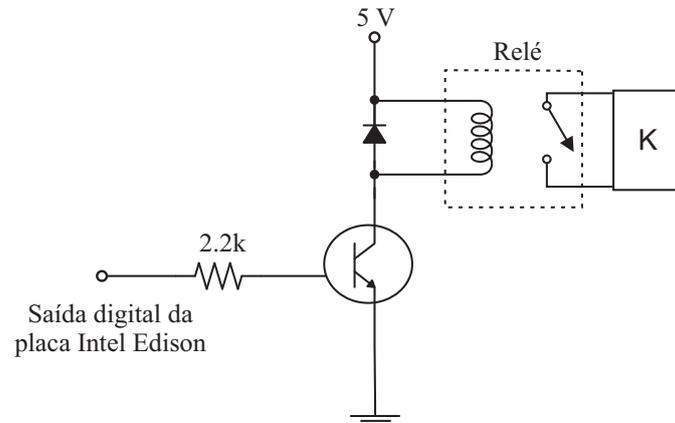
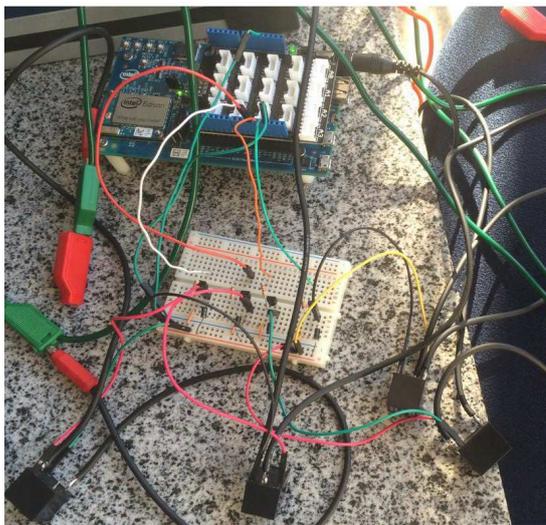


Figura 7 – Montagem experimental da partida estrela triângulo de um motor de indução trifásico.



(a) Circuito eletrônico de proteção da placa.



(b) Diagrama de força experimental.

7. RESULTADOS

O acionamento do motor de indução trifásico foi realizado a partir de um simples clique no *website* desenvolvido. Primeiramente, o motor foi testado girando em sentido horário. O mesmo partiu em estrela e após 5 segundo, tempo de temporização programado, alterou seu funcionamento para o modo triângulo. Isso pode ser comprovado a partir das luzes situadas no *website*, que funcionam como uma espécie de LEDs e indicam o modo em que o motor está operando, além disso, pôde ser ouvido o disparo do temporizador. Posteriormente, foi observado o motor girando no sentido anti-horário e foram obtidos os mesmos resultados já descritos anteriormente.

Organização



Promoção





8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este documento apresentou um método alternativo na aprendizagem e desenvolvimento de partida e controle de um motor trifásico de indução a partir do hardware Intel® Edison. Isso foi possível através da Internet das Coisas, que nada mais é que uma extensão da internet atual, de forma que possibilita objetos do cotidiano, com uma capacidade computacional e comunicacional, se conectarem à internet.

Para a realização deste trabalho, aplicou-se os conceitos multidisciplinares e as funções básicas da plataforma Intel® Edison foram exploradas, a fim de desenvolver o código em *JavaScript* responsável por gerar o site que, por sua vez, permite o acionamento do motor.

Esta ferramenta é bastante útil para a pesquisa científica e multidisciplinaridade no ensino de engenharia, visto que utiliza objetos inteligentes que compõe os avanços da tecnologia, além de ser uma maneira diferente do aluno interligar vários conhecimentos dos diversos campos da engenharia, despertar a criação de projetos, aperfeiçoar suas habilidades e proporcionar a utilização de recursos tecnológicos. Conseqüentemente, o estudo teórico dos conteúdos adquiridos em sala de aula serão fixados através de simulações e experimentos reais.

Por fim, baseado nas intenções de potencializar esta ferramenta de aprendizagem na no campo da engenharia elétrica, através dos resultados obtidos, é nítido seu benefício à comunidade acadêmica e científica e quem mais utilizá-lo. Sem dúvidas, o diferencial dessa maneira de transmitir conhecimento é que ela se adequa no momento em que o estudante está mais interessado em aprender o assunto e consegue manter sua atenção ultrapassando os limites do livro.

8.1. Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal do Piauí pelo apoio e estrutura disponível para realização deste projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAPMAN, S. *Fundamentos de Máquinas Elétricas*. Porto Alegre: [s.n.], 2013. 700 p.

INTEL®. *Intel® Edison Compute Module Hardware Guide*. 2017. Disponível em: http://download.intel.com/support/edison/sb/edisonmodule_hg_331189004.pdf.

INTEL®. *Intel® Edison Compute Module Hardware Guide*. 2017. Disponível em: <http://www.intel.com/content/www/us/en/do-it-yourself/edison.html>.

KEHR, M. *Manual dos Comandos Elétricos*. Recife: [s.n.], 1993.

SANTOS, A. et al. O ensino da engenharia por meio de laboratórios virtuais: software de automação industrial. *Anais: XL – Congresso brasileiro de educação em engenharia*, Belém, 2012.

SANTOS, B. et al. *Internet das Coisas: da Teoria à Prática*. Brasil, MG: [s.n.], 2016. Available in: <http://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia



XIA, F. et al. Internet of things. *International Journal of Communication Systems*, v. 25, n. 9, p. 1101–1102, 2012.

Abstract: *This paper describes an alternative way of starting and controlling a three phase induction motor. The method proposes the use of Intel® Edison Development Board as a star delta starter and for temporized reversing operations. The motor is started by the board which is connected to a website using wifi. This website contains all the options to the remote control of the motor. Once a instruction is given, the hardware sends the corresponding signal in order to activate a set of relays that drives contactors connected to the motor. The proposed system has potential as a learning tool in the electrical engineering and related fields, since it is easy to use and has a friendly interface, providing a increased interest from electrical machine students.*

Palavras-chave: *Induction motor, Intel Edison, Motor starting, Internet of things.*

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia