

<https://eventos.utfpr.edu.br/sei/sei2018>

Comutação Automática Estrela Triângulo para Motores de Indução Trifásicos

Automatic Star Delta Connection Switching for Three-Phase Induction Motors

Erick Araujo Nunes

ericknunes@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil.

Victor Takeo Ferreira Takase

takase@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil.

Alessandro Goedel

agoedel@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil.

RESUMO

Motores de indução trifásicos são responsáveis pela dinâmica de diversas máquinas presentes em ambiente industrial. O aumento da eficiência energética tornou-se a maneira mais pertinente de ampliar a oferta de energia elétrica, porém no âmbito industrial, existem ocorrências de aplicações de motores de indução trifásicos para valores de carga acoplada ao eixo inferiores aos especificados em características nominais, reduzindo o rendimento da máquina. A diminuição da eficiência de um motor elétrico acarreta no aumento do custo operacional. O presente projeto tem por objetivo o desenvolvimento de um sistema capaz de selecionar a conexão adequada, de acordo com o regime de operação da máquina de indução.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência energética. Motores elétricos. Rendimento.

ABSTRACT

The three-phase induction motors are responsible for the dynamics of several engines present in industrial environments. Increasing energy efficiency has become the most pertinent way of expanding the electrical energy supply, there are occurrences of three-phase induction motors lower load-to-axis values than those specified in nominal characteristics, reducing the machine performance. Decreasing the efficiency of an electric motor leads to increase the operational costs. The present project has the objective of develop a system able to select the proper connection according to the operational situation of the induction machine.

KEYWORDS: Energy efficiency. Electrical motors. Efficiency.

Recebido: 02 set. 2018.

Aprovado: 15 set. 2018.

Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

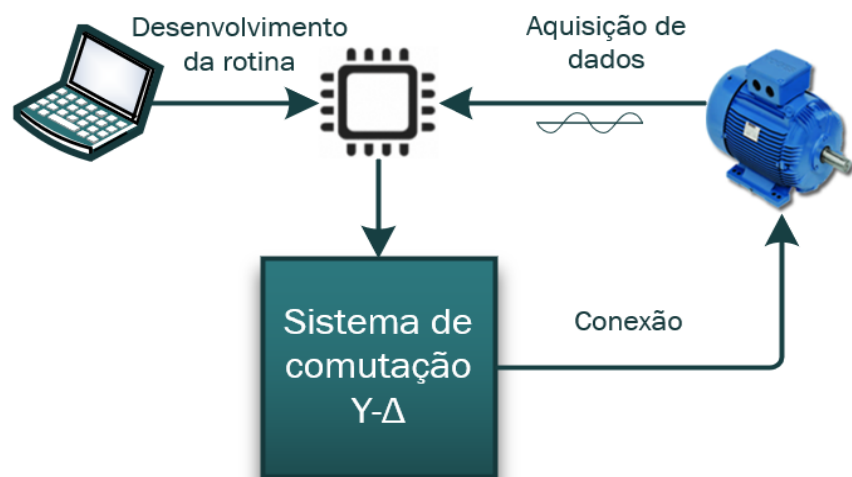
Os motores de indução trifásicos consistem em equipamentos capazes de realizar a conversão eletromecânica de energia, sendo amplamente empregados no âmbito industrial. Sendo a indústria responsável por cerca de 43% do consumo anua de energia elétrica, deste valor, estima-se que aproximadamente 55% da energia seja utilizada para a operação de máquinas elétricas (KUTZ, 2017).

Fernandes et al. (2009) apontam o superdimensionamento como uma das principais causas da perda de eficiência em motores de indução trifásicos, esta condição consiste no emprego de uma máquina de potência nominal superior à solicitada pela carga mecânica. Visando o maior aproveitamento energético e consequentemente reduzindo custos de produção, o desenvolvimento de métodos para aumento de rendimento das máquinas presentes em âmbito industrial torna-se primordial.

As características de eficiência de motores de indução trifásicos estão relacionadas com a conexão utilizada, possibilitando ajustar a operação do mesmo para a região mais adequada, elevando o rendimento operacional da máquina.

Sistemas embarcados combinam funções de *hardware* com atributos de *software*, possibilitando a implementação de uma rotina para realizar tarefas previamente definidas (GONGORA, 2013). A implementação de um algoritmo de seleção, cuja finalidade consiste na comutação entre conexões estrela e delta, permite a operação de motores de indução trifásicos utilizados em sistemas de carga mecânica variável em uma região de rendimento mais elevado, reduzindo o custo operacional do processo. O sistema proposto é representado conforme a Figura 1.

Figura 1- Sistema proposto.



Fonte: Autoria própria (2018)

MÉTODOS

Os elementos que constituem o sistema podem ser definidos como elementos de *software* ou elementos de *hardware*. Os primeiros consistem nas rotinas de tratamento e manipulação de dados, enquanto os demais são definidos como elementos relacionados à parte física do sistema, aqueles cujas funções consistem no fornecimento de dados e provimento de condições para execução da rotina. Os elementos constituintes serão detalhados a seguir.

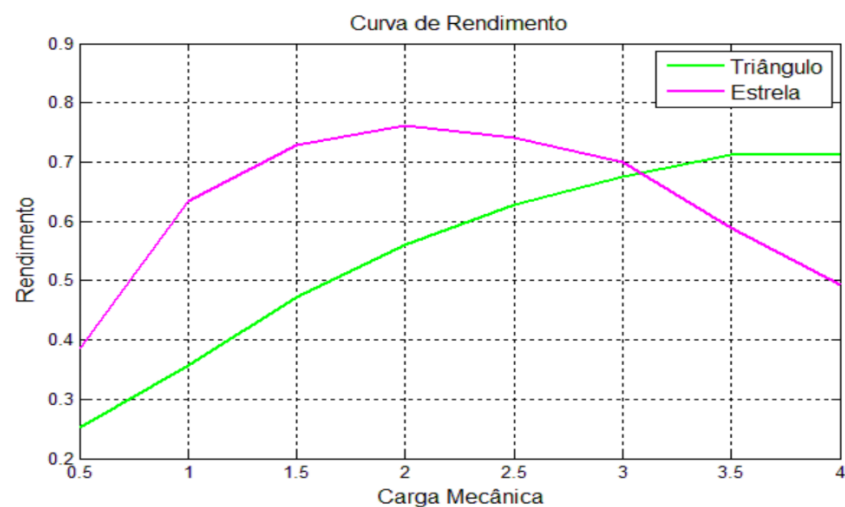
AQUISIÇÃO DE DADOS

A aquisição do sinal de corrente elétrica do motor de indução trifásico é realizada utilizando um elemento transdutor denominado transformador de corrente (TC). Transdutores consistem em elementos capazes de converter formas de energia entre si, sendo os transformadores de corrente transdutores que convertem a variação de fluxo magnético, originado pela circulação de corrente alternada em um condutor, em um sinal de corrente elétrica em terminais secundários de maneira proporcional. Porém os dados obtidos são contínuos no tempo, então para possibilitar o tratamento de dados, o sistema embarcado realiza a discretização dos mesmos, convertendo o sinal analógico em um sinal digital.

DESENVOLVIMENTO DA ROTINA

A rotina desenvolvida consiste em um sistema de seleção das características do motor presente em um banco de dados, então, com base na corrente de pico identificada na partida em estrela, cuja característica de elevada amplitude em um curto intervalo de tempo possibilita a identificação dos parâmetros nominais do motor de indução empregado, assim é realizada a estimativa da carga mecânica acoplada ao eixo. A curva de rendimento apresenta as características de eficiência do motor, conforme a Figura 2.

Figura 2 - Curva de Rendimento.



Fonte: (KUTZ, 2017)

É possível observar que para valores de carga mecânica inferiores a 75% do valor nominal, o maior rendimento é obtido na conexão em estrela, analogamente, para valores superiores a ligação delta apresenta a maior eficiência. Seleciona-se a conexão ideal para o regime de operação com base no conjugado estimado, transmitindo a decisão tomada pelo sistema embarcado por meio da rotina, para o sistema de comutação.

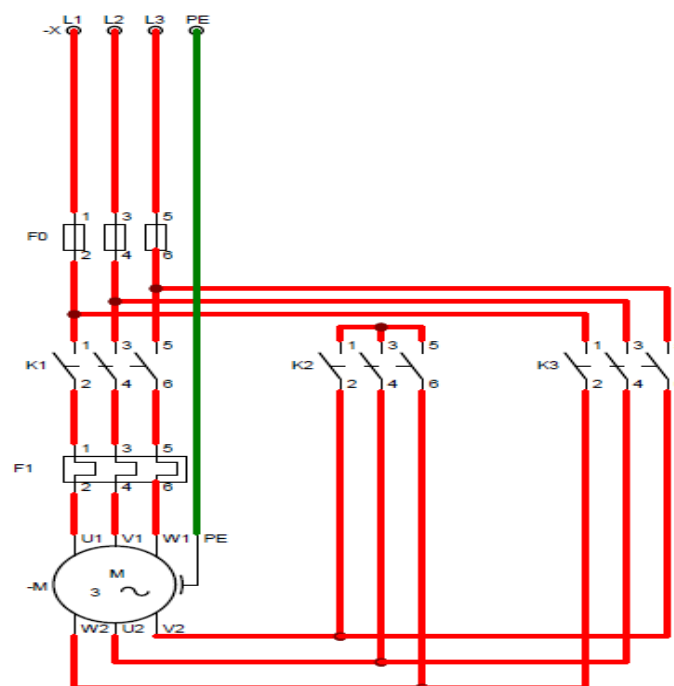
Com a finalidade de evitar que a máquina opere em condições degradantes de torque, ocasionadas por aumentos abruptos de carga mecânica, o sistema possui condições de proteção, provendo uma rápida resposta a variações de carga para comutação Y- Δ , enquanto a resposta para comutação Δ -Y é retardada.

SISTEMA DE COMUTAÇÃO

Inicialmente o motor deve ser partido em estrela, de forma a reduzir a corrente de pico, quando a carga mecânica estimada atingir entre 50% e 75% da carga nominal, deve ser realizada a comutação para a conexão delta, assim a operação da máquina de indução deve ocorrer em regiões cujo rendimento é elevado para uma extensa faixa de valores de conjugado de carga.

Quando os critérios de comutação são atingidos, uma saída digital do sistema embarcado é colocada em nível lógico alto, indicando a conexão que deve ser realizada pelo sistema de comutação. Este sistema consiste em um circuito elétrico composto de três chaves contadoras, a primeira refere-se à alimentação do motor de indução, a segunda chave realiza a conexão estrela e por último é realizada a comutação para triângulo, conforme a Figura 3.

Figura 3 - Circuito de potência Estrela/Delta.



Fonte: Autoria própria (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados os resultados para as simulações de seleção de potência da máquina.

Foram utilizados dados de quatro motores diferentes, de 1, 5, 7.5 e 10 cavalos. Assim, obtidos os dados de corrente de partida em delta a vazio destas máquinas através do *datasheet*, a fim de utiliza-las como parâmetros para a seleção da potência do motor. Estas correntes de partida destes motores estão descritas no Quadro 1.

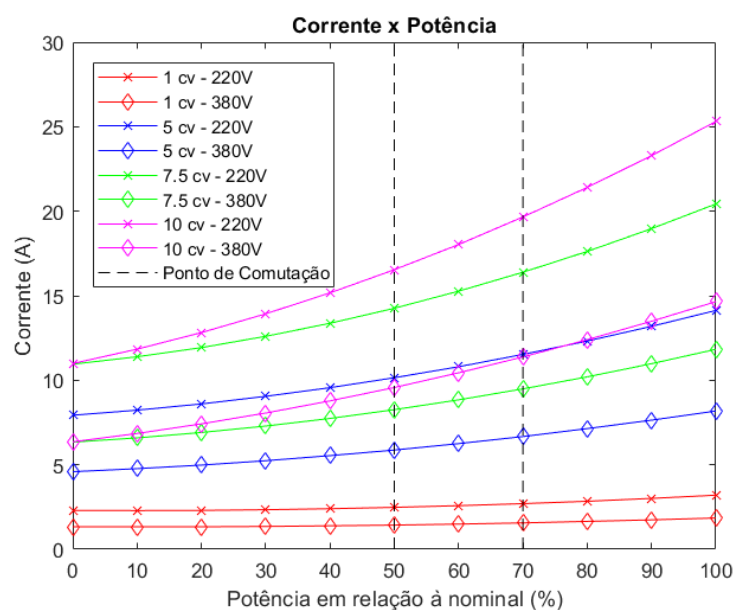
Quadro 1 – Dados de correntes dos motores

Potência	Tensão de Alimentação	Correntes
1 cv	220 V / 380 V	16,33 A / 9,443 A
5 cv	220 V / 380 V	63,6 A / 36,8 A
7.5 cv	220 V / 380 V	69,3 A / 40 A
10 cv	220 V / 380 V	90,59 A / 49,07 A

Fonte: Autoria própria (2018)

O sistema executa a partida a vazio da máquina em delta, para um motor o qual a máxima corrente de partida foi de 37 [A], com uma alimentação de 380 [V], este é classificado como um motor de 5 cavalos. A partir disto, realiza-se o controle da comutação de acordo com as correntes em regime permanente, conforme visualizado na Figura 4.

Figura 4 – Correntes em regime permanente pela potência.



Fonte: Autoria própria (2018)

Os pontos de comutação estão demarcados com as linhas tracejadas em preto em 50% e 70% da potência nominal, portanto, para este caso as correntes de

comutação são de 10,15 [A] e 11,53 [A] para em 220 [V] e para 380 [V] estes pontos estão definidos para valores de 5,87 [A] e 6,67 [A]. Portanto, se a máquina que partiu em estrela tiver uma elevação de conjugado até a corrente atingir o valor de 10,15 [A], o sistema deve comutar as ligações para triângulo, e a partir da diminuição do conjugado, quando o valor da corrente for de 6,67 [A] as ligações devem ser alteradas para estrela.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, a crescente demanda de energia elétrica necessita de alternativas para um consumo mais eficiente. Os estudos realizados apresentam resultados promissores, provendo uma contribuição para o setor industrial, elevando o rendimento das máquinas e conseqüentemente, reduzindo os custos do processo produtivo. Os resultados obtidos e análises realizadas em laboratório foram satisfatórios, apresentando as características de rendimento em função da carga mecânica, embasando a funcionalidade do sistema.

AGRADECIMENTOS

Os autores do presente projeto agradecem ao apoio da Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná (Processo Nº 06/56093-3), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Processo Nº474290/2008-5, 473576/2011-2, 552269/2011-5), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR pela concessão de bolsa de inovação.

REFERÊNCIAS

- FERNANDES, U. B.; SILVA, V. P.; BISPO, D.; DELAIBA, A. C.; SILVA, S. F. P. “Análise econômica na especificação do motor de indução trifásico”. Universidade Federal de Uberlândia, 2009.
- GONGORA, W. S. “Uma abordagem neural no diagnóstico de falhas em rolamentos de motores de indução trifásicos”. Dissertação de Mestrado – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.
- KUTZ, T. C. “Comutação automática estrela triângulo para motores de indução trifásicos”. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.