DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA ESTIMATIVA DO TEMPO DE ACELERAÇÃO E ANÁLISE DINÂMICA DE MÁQUINAS DE INDUÇÃO

DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR ESTIMATING ACCELERATION TIME AND DYNAMIC ANALYSIS OF INDUCTION MACHINES

Anderson Gomes da Silva, Lucas de Menezes Oliveira, Nycolas Eduardo Lima da Silva, Rodolfo Alves Fernandes da Silva, Alexandre Shozo Onuki

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Elétrica
E-mail para contato: nycolasface@hotmail.com

RESUMO – O desenvolvimento realizado nesta pesquisa refere-se a criação de um aplicativo destinado a realizar a estimativa do tempo de aceleração de motores de indução, considerando as especificação da carga mecânica, o nível de tensão da alimentação da máquina, momento de inércia e os parâmetros elétricos e mecânicos do motor, o sistema desenvolvido possui a capacidade de determinar o número máximo de partidas levando em conta a curva térmica do motor e o tempo de aceleração, este trabalho foi desenvolvido de forma a atender o profissional da área elétrica que necessitar de ferramenta que auxilie o processo de escolha de um sistema motriz e para os professores da área elétrica e mecânica.

Palavras-chave: Máquina de Indução, Tempo de Aceleração, Aplicativo Computacional, Educação, Limites Térmicos

ABSTRACT – The development carried out in this research refers to the creation of an application designed to estimate the acceleration time of induction motors, considering the specifications of the mechanical load, the voltage level of the machine's power supply, moment of inertia and the electrical and mechanical parameters of the motor. The system developed also has the capacity to determine the maximum number of starts taking into account the motor's thermal curve and the acceleration time. This work aims to serve professionals in the electrical field who need a tool to assist in the process of choosing a motor system and for teachers in the electrical and mechanical fields.

Keywords: Induction Machine, Acceleration Time, Computational Application, Education, Thermal Limits

Tipo do trabalho: ( ) Iniciação científica (X) Iniciação tecnológica ( ) Extensão

1 INTRODUÇÃO

As máquinas de indução têm uma grande importância em vários setores como a indústria, empresas de transporte, portos, comércio e residências, ou seja, praticamente em todos os setores da sociedade, este equipamento é responsável em realizar a transformação da energia elétrica na movimentação de cargas, acionamento de ventiladores, sistema de refrigeração etc. Na atualidade devido ao aumento da competividade das empresas existe a crescente necessidade da exatidão na especificação da potência deste equipamento, para que não existam sobre ou subdimensionamentos, que proporcionam aumentos dos gastos ou redução da eficiência do conjunto mecânico acionado, portanto, é imperativo que o projetista tenha ferramentas computacionais precisas para a estimativa em questão.

A pesquisa em questão realizou o desenvolvimento de uma ferramenta computacional capaz de estimar o tempo de aceleração e a quantidades de partidas máximas que uma máquina assíncrona, levando em consideração diversos aspectos como as especificações da carga mecânica, o nível de tensão da alimentação da máquina, momento de inércia e os parâmetros elétricos do motor, assim como a capacidade de determinar o número máximo de partidas levando em conta a curva térmica do motor, vale destacar que tal aplicativo possui um IHM (Interface Homem Máquina) de fácil manuseio que possibilitará a utilização por profissionais das áreas elétrica e acadêmicas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para tal desenvolvimento do aplicativo em questão, foi necessária a realização de diversas etapas apresentadas nos itens a seguir descritos.

- Determinação do modelo matemático do comportamento do motor de indução durante a partida levando em consideração o modelo equivalente e o comportamento da carga em função da velocidade;
- Desenvolvimento de técnica gráfica para utilização das curvas características do motor e da carga mecânica disponível em catálogos de fabricantes;
- Definição da metodologia para determinar o tempo de aceleração e o número máximo de partidas de uma máquina de indução em função da carga mecânica, o nível de tensão da alimentação da máquina, momento de inércia da carga e os parâmetros do motor e a curva térmica do motor;
- Implementação e testes do conjunto de algoritmos em plataforma computacional;
- Desenvolvimento da IHM (Interface Homem Máquina).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

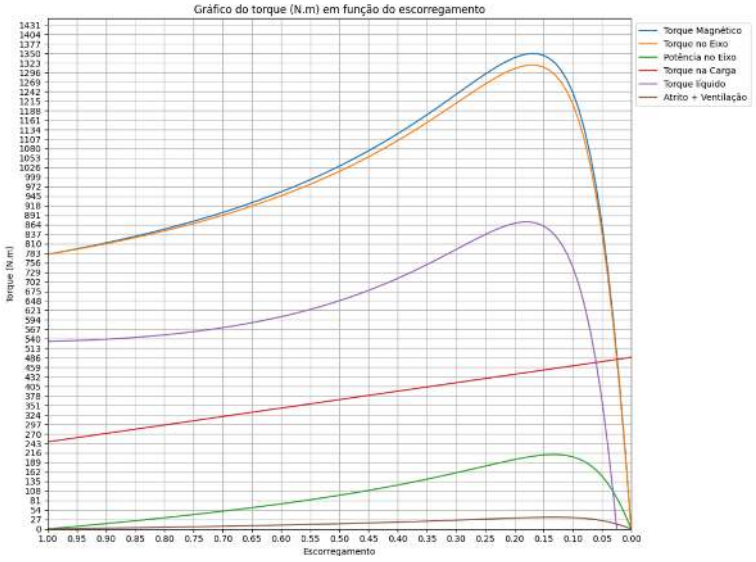
A pesquisa em questão foi iniciada considerando duas metodologias básicas, a primeira utilizando os modelos matemáticos do motor e da carga (que obtém os melhores resultados) e pelas curvas provenientes de catálogos de fabricante, vale destacar que se trata de uma forma simplificada e com resultados aproximados, tal desenvolvimento é descrito a seguir.

3.1 Determinação do modelo para aferir o comportamento dinâmico do motor de indução durante a partida utilizando o circuito equivalente

O modelo para analisar o comportamento dinâmico durante a partida do motor de indução foi desenvolvido a partir do seu circuito equivalente e considera diversas variáveis como a tensão do estator, resistências e reatâncias, além das perdas mecânicas por ventilação e atrito, o modelo avalia o desempenho durante a partida, vale destacar que esta metodologia possibilitou um resultado mais preciso, porém normalmente os dados não são disponibilizados pelos fabricantes, por tanto, tal metodologia é de difícil aplicação prática restringindo sua utilização no meio acadêmico.

Na figura 01, é ilustrado um exemplo obtido neste tipo de simulação, onde é possível verificar a curvas de torque em diversas condições de partida , assim como o comportamento da carga mecânica neste intervalo de tempo.

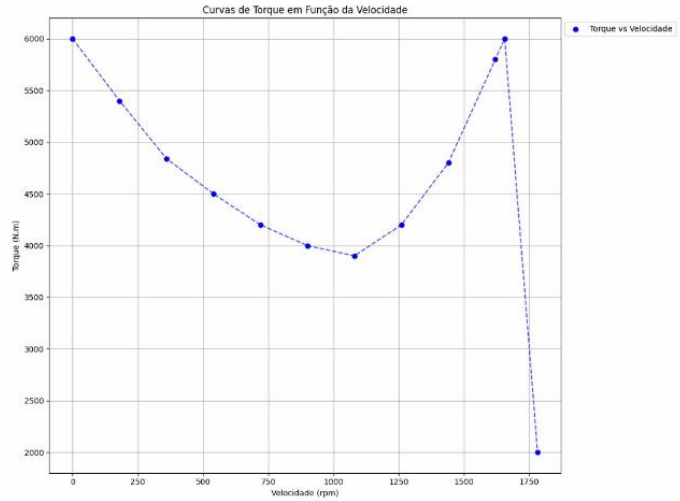
Figura 1: Gráfico do torque (N.m) em função do escorregamento



3.2 Desenvolvimento de técnica para implementar os dados dinâmicos do motor e carga utilizando os dados do fabricante

Para a segunda abordagem, foi desenvolvida uma técnica que permite a implementação de dados dinâmicos do motor e da carga (curvas de torque e potência do motor podem ser extraídas de catálogos de fabricantes) diretamente na simulação. Isso permitiu a realização de uma estimativa do desempenho dinâmico da máquina em condições reais de operação com uma precisão razoável, um exemplo de aplicação foi ilustrado na figura 02, vale destacar que esta metodologia possibilitará a aplicação mais abrangentes, pois normalmente as variáveis envolvidas nesta estimativa são facilmente encontradas em catálogos de fabricantes e que o *software* oferece ao usuário a flexibilidade de inserir pontos personalizados para gerar as curvas de torque do motor e da carga. Dessa forma, é possível obter uma análise mais detalhada e otimizada do desempenho da máquina em uma ampla gama de condições operacionais.

Figura 2: Exemplo de implementação dos dados dinâmicos no aplicativo



3.3 Definição do tempo de aceleração e o número máximo de partidas de uma máquina

Para iniciar o processo, o sistema realiza uma análise dos torques da carga e do motor em função do escorregamento para representar uma condição teórica e facilitar a análise do comportamento do motor, vale destacara que o torque de aceleração (T_a) foi determinado a partir da diferença entre o torque no eixo (T_{eixo}) e o torque da carga (T_{carga}), conforme equação (1).

$$T_a = T_{eixo} - T_{carga} \tag{1}$$

Conforme a equação (2), o tempo de aceleração (T_{ac}) do motor é calculado com base no torque de aceleração $(T_{a_i} + T_{a_{i-1}})$ em um determinando o tempo para atingir a velocidade nominal(w_s) A força dinâmica no eixo é a média do torque entre dois pontos de escorregamento consecutivos. O momento angular é obtido considerando o momento de inércia J e a diferença de escorregamento $(s_i - s_{i-1})$.

$$T_{ac} = \frac{\frac{(T_{a_i} + T_{a_{i-1}})}{2}}{J * w_s * (s_i - s_{i-1})} \tag{2}$$

Para a definição da quantidade de partidas é determinada por meio da análise dos tempos máximos de rotor bloqueado nas condições de motor frio (Δt_{frio}) e motor quente (Δt_{quente}), além do tempo de aceleração e o número de partidas com o motor frio (N_{frio}) é obtido pela equação (3), enquanto o número de partidas com o motor quente (N_{quente}) é calculado através da expressão (4).

$$N_{frio} = \frac{\Delta t_{frio}}{T_{ac}} \tag{3}$$

$$N_{quente} = \frac{\Delta t_{quente}}{T_{ac}} \quad (4)$$

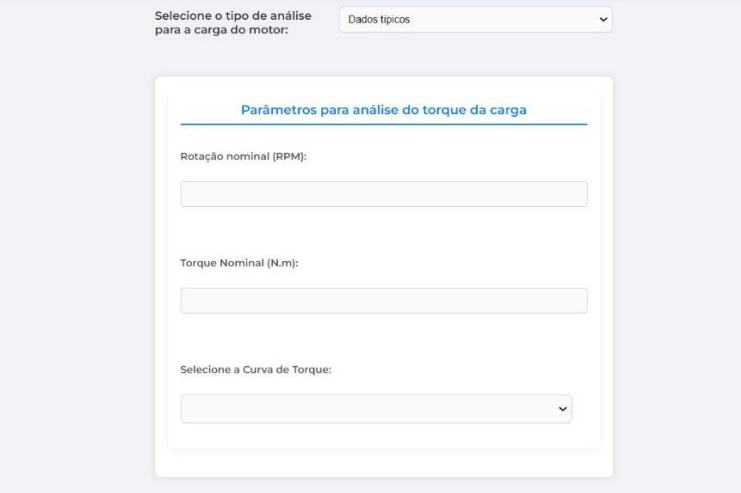
3.4 Implementação e testes dos algoritmos em plataforma computacional

Os algoritmos desenvolvidos para simulação do comportamento dinâmico do motor de indução foram implementados em uma plataforma computacional utilizando a linguagem *Python*, com o auxílio do *framework Flask* para desenvolvimento da interface e controle do fluxo de dados. Bibliotecas como *NumPy* e *Matplotlib* foram utilizadas para cálculos matemáticos e geração de gráficos.

3.5 Desenvolvimento da IHM (Interface Homem Máquina)

A IHM foi desenvolvida com o objetivo de permitir que o usuário interaja diretamente com a simulação, fornecendo parâmetros específicos do motor e da carga e visualizando os resultados em tempo real. A interface foi construída utilizando HTML, CSS e *JavaScript*, integrados ao *framework Flask*, em tal ferramenta o usuário pode inserir dados como tensão nominal, potência, fator de serviço, resistências e reatâncias, além de selecionar curvas de torque do motor e da carga provenientes de catálogos de fabricantes. É possível visualizar gráficos interativos que mostram o comportamento do motor durante a partida, como torque, corrente e tempo de aceleração, na figura 03 é ilustrado a tela que o usuário pode realizar a parametrização do torque da carga mecânica.

Figura 3: Tela para parametrização do torque da carga mecânica



4 CONCLUSÕES

A presente pesquisa atingiu seus objetivos ao desenvolver um sistema robusto para análise dinâmica de motores de indução, integrando modelos matemáticos e dados de catálogos. O estudo ofereceu uma visão detalhada do processo de partida e comportamento térmico dos motores, permitindo estimar o tempo de aceleração e o número máximo de partidas seguras. A pesquisa demonstrou o potencial do sistema para otimizar a análise de motores, criando uma

base sólida para futuros aprimoramentos como a aferir a aferição do desempenho do conjunto de algoritmos com motores em laboratórios e implantados em áreas industriais. A flexibilidade e a precisão da simulação são valiosas para engenheiros e técnicos na otimização de sistemas motorizados industriais.

5 REFERÊNCIAS

A seguir foram apresentados os principais referência bibliográfica utilizadas no trabalho.

1. SILVA, J. R. Estudo do Tempo de Aceleração em Motores de Indução: Análise e Modelagem. 2021. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <www.repositorio.ufmg.br/handle/1843/37932> Acesso em: 05 set. 2024, 15:00.
2. MARTINS, L. A.; CARVALHO, T. M. Modelagem e Simulação de Motores de Indução: Teoria e Aplicações Práticas. Disponível em: https://www.tecnologiaed.com.br/publicacoes/modelagem-motores-inducao.pdf. Acesso em: 01 set. 2024.