



DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE GRÁFICA PARA ANÁLISE DE MÁQUINAS ELÉTRICAS DE INDUÇÃO

Nayara I. L. Santos – nayara.santos@ee.ufcg.edu.br

Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Elétrica
R. Aprígio Veloso, 882
58429-900 – Campina Grande – Paraíba

Stefânia de O. Silva – stefania.silva@ee.ufcg.edu.br

Maurício B. de R. Corrêa – mbrcorrea@dee.ufcg.edu.br

Resumo: Este artigo tem como propósito apresentar o desenvolvimento de uma interface gráfica denominada ANAGRIM (**GR**aphical **AN**alysis of **I**nduction **M**achine), com objetivo de proporcionar uma interação usuário/máquina de indução, de forma didática tornando possível a exploração e explanação do funcionamento da máquina mediante suas próprias análises. O estudo envolveu as máquinas de indução gaiola de esquilo - SCIM e a máquina de indução de rotor de dupla alimentação - DFIM, analisando suas características de acordo com comportamento a vazio, rotor bloqueado e seus perfis de funcionamento. Para a caracterização e implementação das máquinas em regime permanente e dinâmico, foi utilizado o software MATLAB e para o desenvolvimento da interface gráfica, a plataforma Graphical User Interface - GUI. Como resultado, a plataforma permite ao usuário utilizar o sistema com base nas principais equações da máquina, e as simulações se apresentam graficamente, convalidando a teoria estudada.

Palavras-chave: Máquinas de indução, Princípios de operação, Controle em malha aberta, Interface gráfica e Modelagem de máquina elétrica.

1. INTRODUÇÃO

As máquinas elétricas possuem um papel relevante no processo da sociedade moderna. A capacidade bidirecional de conversão de energia e, conseqüentemente, a possibilidade de uso como motor ou gerador, faz com que os diferentes tipos de máquinas e as demandas de controle constituam elementos importantes para as mais variadas aplicações, desde o acionamento de ventiladores e portões à geração de energia elétrica. As máquinas consideradas para o presente estudo são as de indução com rotor do tipo gaiola de esquilo (*Induction Machine Squirrel Cage - SCIM*) e rotor bobinado ou dupla alimentação (*Double Fed Induction Machine - DFIM*), sendo de suma importância a análise dos seus perfis de operação.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





Porém, as máquinas de indução demonstram também outros fatores que favoreceram a sua disseminação e aplicação no mercado, que são: alta robustez, simplicidade, eficiência e confiabilidade, bem como seu baixo custo de produção e capacidade de operação em altas faixas de velocidades (BIM, 2009). Por este motivo, considera-se que os estudos exploratórios sobre as máquinas de indução esclareçam o entendimento sobre elas, de forma a adequá-las para compor o sistema elétrico que se deseja estudar.

O estudo do modelo dinâmico, permite observar as grandezas elétricas tal como podem ser vistas em um osciloscópio, obtendo informações de defasagens e amplitudes, bem como monitorar o perfil de operação sob o ponto de vista mecânico (conjugado e velocidade). Já o estudo no modelo em regime permanente, permite avaliar o comportamento das grandezas em regime estacionário, através de circuitos equivalentes.

Tendo em vista a sua importância na exploração de um conhecimento no ensino de engenharia como um todo, o trabalho está organizado da seguinte forma: após uma breve introdução e apresentação do contexto sobre máquinas de indução, na seção 2 fornece uma fundamentação teórica com a explanação da modelagem matemática. Na seção 3, descrição da interface gráfica, e um estudo de caso exemplificando o uso da interface, e por fim, na seção 4 as considerações finais do trabalho diante da análise do comportamento da máquina mediante as simulações na interface frente aos estudos teóricos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As máquinas elétricas de indução são máquinas de corrente alternada em que as bobinas estatóricas são alimentadas por tensões trifásicas equilibradas que induz corrente nas bobinas, gerando um campo magnético na velocidade síncrona. As máquinas são constituídas de duas estruturas principais, o estator (parte fixa) e rotor (parte móvel) (FITZGERALD; JR, 2006).

De acordo com a lei de Lenz, o sentido da corrente induzida dada pelas suas ações magnéticas, tende sempre a opor-se à causa que lhe deu origem, com isso no rotor, quando é induzida a corrente, o campo magnético vai se opor ao campo girante gerado pelo estator, e para que isso ocorra os polos do estator e do rotor devem ser opostos. Como os polos opostos se atraem, o rotor vai girar sempre querendo acompanhar o estator (FITZGERALD; JR, 2006).

A máquina trifásica é composta por seis bobinas, três no referencial estatórico e três no referencial rotórico, defasadas entre si a $2\pi/3$ radianos elétricos. Quando as três bobinas do estator são alimentadas por uma tensão trifásica de frequência f_s , é induzido um fluxo no estator que gira a uma velocidade constante, denominada de velocidade síncrona n_s , que é dada em função do número de par de polos (p), conforme a Equação (1) (ABAD et al., 2011):

$$n_s = \frac{60}{p} f_s [rpm]. \quad (1)$$

A diferença entre a velocidade síncrona (ω_s) e a velocidade do rotor (ω_m), dadas em rad/s, é definida como escorregamento, que é responsável por caracterizar o desempenho das máquinas, se a mesma opera como motor ou como gerador:

$$s = \frac{\omega_s - \omega_m}{\omega_s}. \quad (2)$$

Organização



Promoção





Quando a velocidade mecânica é maior que a velocidade síncrona ($s < 0$), a máquina opera como gerador, e quando ela é menor que a velocidade síncrona ($s > 0$) opera como motor.

As máquinas de indução podem ser em rotor gaiola de esquilo ou rotor de dupla alimentação. No primeiro caso, os enrolamentos do rotor são eletricamente curto-circuitado e no segundo, os enrolamentos do rotor são conectados a anéis deslizantes isolados, tornando assim disponíveis externamente ao motor (FITZGERALD; JR, 2006).

O comportamento elétrico de uma máquina de indução é similar ao de um transformador, porém apresenta-se uma característica adicional de frequência produzida pelo movimento relativo entre os enrolamentos do estator e do rotor (FITZGERALD; JR, 2006).

2.1. Análise em Regime Dinâmico

A compreensão do modelo dinâmico das máquinas de corrente alternada é feita através da modelagem matemática, com o propósito de obter uma descrição do comportamento das grandezas internas através das expressões de fluxos, tensões, conjugado e potência. As restrições operacionais para as quais a representação é válida, inclui a não saturação do núcleo magnético, o caráter bipolar da máquina e a distribuição senoidal do fluxo magnético.

Para descrever o comportamento dinâmico de uma forma simplificada, utiliza-se a transformada de Park (modelo odq), que transforma fisicamente a máquina simétrica trifásica em uma máquina simétrica bifásica com os mesmos parâmetros, conforme deduzido em (JACOBINA, 2005). As Equações (3), (4), (5), (6) e (7) representam o sistema dinâmico para as máquinas elétricas trifásicas no modo complexo ou vetorial.

$$\vec{v}_s = R_s \vec{i}_s + \frac{d\vec{\lambda}_s}{dt} + j\omega_g \vec{\lambda}_s, \quad (3)$$

$$\vec{v}_r = R_r \vec{i}_r + \frac{d\vec{\lambda}_r}{dt} + j(\omega_g - \omega_r) \vec{\lambda}_r, \quad (4)$$

$$\vec{\lambda}_s = L_s \vec{i}_s + L_m \vec{i}_r, \quad (5)$$

$$\vec{\lambda}_r = L_r \vec{i}_r + L_m \vec{i}_s, \quad (6)$$

$$c_e = pl_m \text{Im}(\vec{i}_s \vec{i}_r^*). \quad (7)$$

onde \vec{v}_s , \vec{i}_s e $\vec{\lambda}_s$ são as tensões, correntes e fluxos do estator; \vec{v}_r , \vec{i}_r e $\vec{\lambda}_r$ as tensões, correntes e fluxos do rotor; R_s e R_r as resistências do estator e do rotor; L_s e L_r as indutâncias próprias do estator e do rotor; L_m a indutância mútua; c_e o conjugado eletromagnético e $\omega_g = d\delta_g/dt$ a velocidade angular genérica.

Além das equações elétricas, são necessárias as equações mecânicas que podem ser obtidas aplicando a segunda lei de Newton, no qual a força resultante aplicada a um corpo é igual a sua massa vezes sua aceleração, como descrito na Equação (8) (JACOBINA, 2005).

$$c_e - c_m - F_m \omega_m = J_m \frac{d\omega_m}{dt}, \quad (8)$$



no qual $F_m \omega_m$ é o conjugado de atrito e J_m é o momento de inércia da máquina.

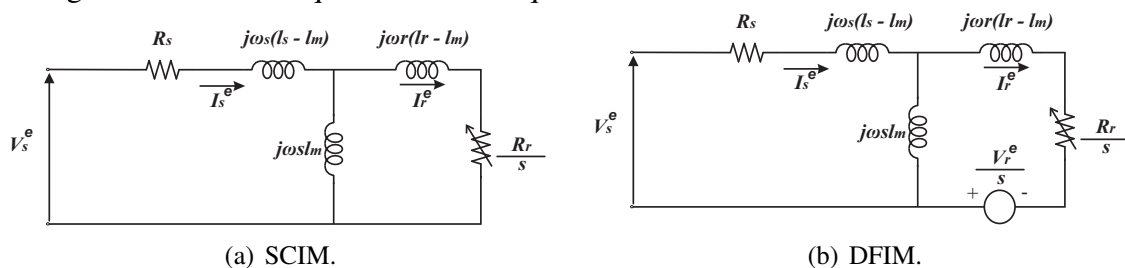
De posse do modelo completo, vários estudos podem ser feitos para a análise do funcionamento da máquina em função das grandezas elétricas e/ou mecânicas.

2.2. Análise em Regime Permanente

As máquinas de indução operam com frequências diferentes no estator e no rotor, tornando o sistema extremamente complexo, por isso utilizam-se métodos para adequar o modelo da máquina para a frequência desejada. Para tal adotam-se três sistemas de coordenadas: estacionário ($\omega_g = 0$); síncrono ($\omega_g = \omega_s$) e rotórico ($\omega_g = \omega_m$) (BIM, 2009).

Através do modelo em regime dinâmico, pode se determinar o modelo em regime permanente (Figuras 1(a) e (b)), considerando as equações representadas no referencial síncrono ou estacionário. A máquina SCIM tem os terminais do rotor curto-circuitados, logo, as tensões rotóricas são iguais e nulas. Porém para a máquina DFIM as tensões rotóricas serão diferentes de zero, dado alimentação simultânea com o estator. Devido a esse fato, a máquina pode operar em quatro regiões, nos quais dois são modos convencionais, como motor (subsíncrono) e gerador (supersíncrono), e dois não convencionais como motor (supersíncrono) e gerador (subsíncrono).

Figura 1 – Circuito equivalente da máquina assíncrona.



2.3. Ensaios de Caracterização

Os ensaios de caracterização de uma máquina podem atender a diferentes propósitos. De uma forma geral, a obtenção de uma representação na forma de circuito elétrico permitem avaliar o funcionamento da máquina sem a necessidade de levar a uma bancada de testes.

Para os cálculos dos parâmetros das máquinas de indução, foram realizados os ensaios a vazio e rotor bloqueado.

Ensaio a Vazio e a Rotor Bloqueado

Para o ensaio a vazio, faz-se as medições inserindo na entrada a velocidade mecânica ω_m , que é igual à velocidade síncrona a 60Hz em rad/s . Aplica-se a tensão nominal a frequência nominal na fonte de tensão trifásica, e obtém os valores de $V_{1,vz}$, $I_{1,vz}$ e P_{vz} .

Para a realização do ensaio a rotor bloqueado, é inserido na entrada a velocidade mecânica nula, significando que o rotor está bloqueado ou parado ($s = 1$) e calcula-se a



corrente nominal, inserindo na entrada a velocidade, a tensão e a frequência nominal da máquina. Dessa forma é obtido os valores de $V_{1,bl}$, $I_{1,bl}$ e P_{bl} .

Determinação dos Parâmetros

Após as medições a vazio e a rotor bloqueado, calculam-se os parâmetros da máquina, de acordo com as Equações (9), (10) e (11), em que a partir deles será possível a construção do circuito equivalente e o estudo do comportamento da máquina.

$$X_{vz} = \frac{Q_{vz}}{3I_{vz}^2}, \quad (9)$$

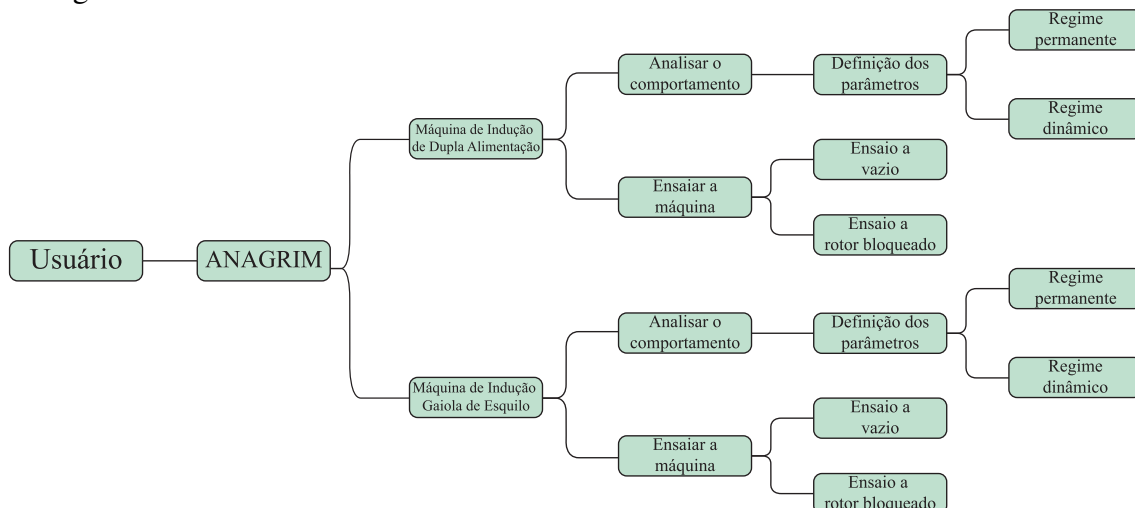
$$X_{bl} = \frac{Q_{bl}}{3I_{bl}^2}, \quad (10)$$

$$R_{bl} = \frac{R_{bl}}{3I_{bl}^2}. \quad (11)$$

3. INTERFACE GRÁFICA

A interface gráfica para análise das máquinas elétricas de indução foi denominada **ANAGRIM**, e sua estrutura é apresentada na Figura 2. Essa plataforma de trabalho permite ao usuário realizar o estudo do modelo em regime permanente e dinâmico das máquinas estudadas, com o desígnio de entender o seu funcionamento diante dos vários pontos de operação, utilizando como o recurso didático o software MATLAB® e a interface MATLAB®GUI.

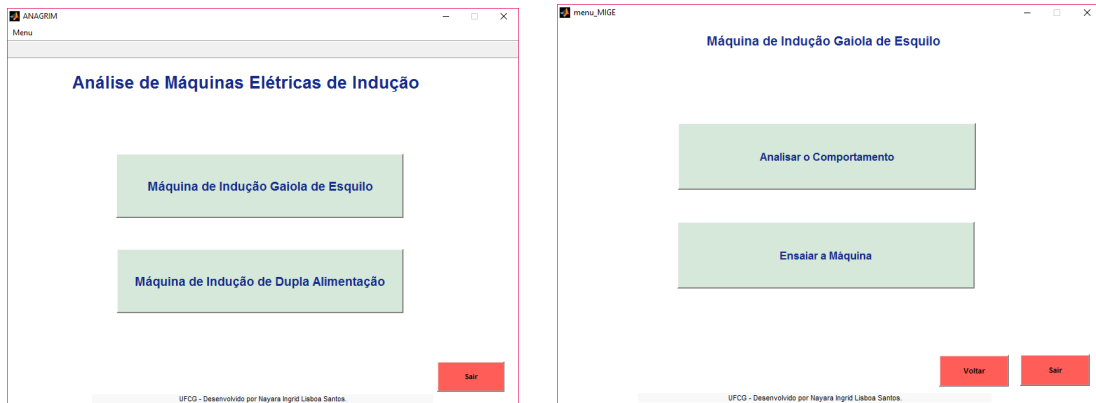
Figura 2 – Estrutura do ANAGRIM.



De acordo com a estrutura da interface, o programa é iniciado com as opções de trabalhar com ambas as máquinas (Figura 3(a)). O usuário poderá escolher para qual máquina deseja se trabalhar, tendo as opções de **Analisar o Comportamento** ou **Ensaiair a Máquina** (Figura 3(b)).



Figura 3 – Janelas introdutórias da interface.



(a) Janela principal.

(b) Janela secundária.

Ao **Ensaiar a Máquina**, o usuário escolherá um dos modelos pre-existentis para a realizar o ensaio a vazio e a rotor bloqueado, permitindo a obtenção de uma representação na forma de circuito elétrico que conceda uma avaliação do funcionamento da máquina sem a necessidade de levar a uma bancada de testes. Ao selecionar a opção **Analisar a Máquina**, o usuário poderá inserir os parâmetros elétricos e mecânicos que deseja, conforme a Figura 4, ou então selecionar uma das sete opções existentes no próprio programa.

Figura 4 – Janela: Analisar o Comportamento.





Após gravado os parâmetros, o usuário terá a opção de escolher o estudo da máquina em regime permanente ou dinâmico, realizando testes que possam consolidar a teoria estudada de maneira eficiente. A janela de análise em regime permanente tem como função a melhor interação usuário/interface, de forma a visualizar diferentes curvas que caracterizam a máquina, e a janela em regime dinâmico permite o usuário observar o comportamento das máquinas, similarmente ao que é feito em laboratório.

3.1. Relevância da Interface

O ANAGRIM foi desenvolvido com o intuito de facilitar a visualização gráfica das grandezas das máquinas no regime permanente e dinâmico, e também poder realizar manipulação de dados de forma interativa e didática.

Por ser uma máquina representada através de um modelo matemático, podem-se repetir ou realizar testes sob várias condições de operação (cargas de diferentes intensidades, rotor bloqueado, a vazio, etc.). De posse desses dados, é possível lançar mão de uma variedade de métodos para entender o funcionamento da máquina, familiarizando-se com seus modelos matemáticos, inclusive relacionando os pontos de operações sob os pontos de vista elétrico e mecânico

Portanto, buscou-se disponibilizar um aplicativo utilizando o GUI do MATLAB para gerar um ambiente versátil para o estudo desses tipos de máquinas. Nesse ambiente, os modelos dinâmicos e de regime permanente são explorados para gerar pontos de operações que podem ser confrontados entre si, com a finalidade de compreender o funcionamento da máquina, visando melhoras no aprendizado e aplicando os resultados a estudos mais aprofundados quando a máquina estiver conectada à rede elétrica.

A interface é muito útil para a pesquisa científica e para o aprendizado no ensino de engenharia, fazendo a perfeita ligação entre a teoria e a prática. Dessa maneira vale salientar a importância da realização de simulações, promovendo experiência práticas de aprendizagem dos conceitos teóricos adquiridos, permitindo assim uma melhor tomada de decisões e a exploração e explanação da máquina por meio de suas próprias análises.

O uso de uma interface educacional, com diversas opções de manipulação e visualização gráfica é bastante importante como facilitador de aprendizagem, melhorando a qualidade maior da aula e da pesquisa, aperfeiçoando o desenvolvimento do estudante e o capacitando ao exercício da prática de sua profissão.

Dessa forma, a utilização do ANAGRIM visa orientar o usuário na exploração da máquina de indução, de maneira que ele possa realizar os passos necessários para entendê-la de maneira mais clara, visto que muitos alunos possuem dificuldade na absorção do assunto devido ao seu grau de dificuldade. Ele é voltado para estudantes de graduação que desejem uma profundidade maior no assunto de máquinas elétricas, e também para alunos de pós graduação que possam realizar um estudo da máquina de maneira mais prática e rápida, e assim verificar as suas condições de operação, e seus resultados e de maneira mais fácil.

A interface está disponível no site da MathWorks® (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/63761-graphical-analysis-of-induction-machine-anagrim->), onde também se encontra manuais com o seu detalhamento e da teoria utilizada.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





3.2. Estudo de Caso

Para realizar o estudo de caso escolheu-se a máquina de indução de dupla alimentação, porém a mesma análise poderá ser feita a máquina de indução gaiola de esquilo, com apenas algumas diferenças de configuração na interface.

Para a realização dos ensaios foi escolhido o **Modelo 01** (5 HP, 460 V, 60 Hz, 1750 rpm e 3730 VA) pre-existente na interface, que serve para ambas as máquinas. Realiza-se o ensaio a vazio, e os valores da tensão, corrente e potência são apresentados para posteriormente serem utilizados na determinação dos parâmetros da máquina. Após esse procedimento, o usuário realizará o ensaio a rotor bloqueado, verificando a corrente nominal, e inserindo os valores de tensão em que a corrente seja no máximo o valor da corrente nominal.

O próximo passo foi a determinação dos parâmetros elétricos, onde a interface traz a possibilidade de comparar os valores calculados com os valores reais, observando o erro correspondente, como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Resultado dos ensaios a vazio e a rotor bloqueado.



Após a realização dos ensaios, o primeiro estudo foi em regime dinâmico e para tal, escolheu-se o referencial estatórico, com os valores da amplitude e fase da tensão rotórica 20 V e 15°, respectivamente. O passo de cálculo utilizado foi de 10ms e o tempo máximo de simulação de 0,5s. Para a simulação definiu-se o modo de operação como gerador subsíncrono e aplicou-se uma carga de 50% do seu valor nominal. Na Figura 6 é ilustrado a interface gráfica com o gráfico das correntes estatóricas no seu referencial natural e as configurações aplicadas, e nas Figuras 7(a) e 7(b) os gráfico das correntes estatóricas e rótoricas referidas na frequência do estator.

Nota-se que a frequência das grandezas estatóricas no seu referencial natural, corresponde a frequência elétrica nominal, dessa forma, quando as grandezas rotóricas, estiverem referidas ao estator, ambas possuirão a mesma frequência.



Figura 6 – Interface com o gráfico das correntes estatóricas no seu referencial natural.

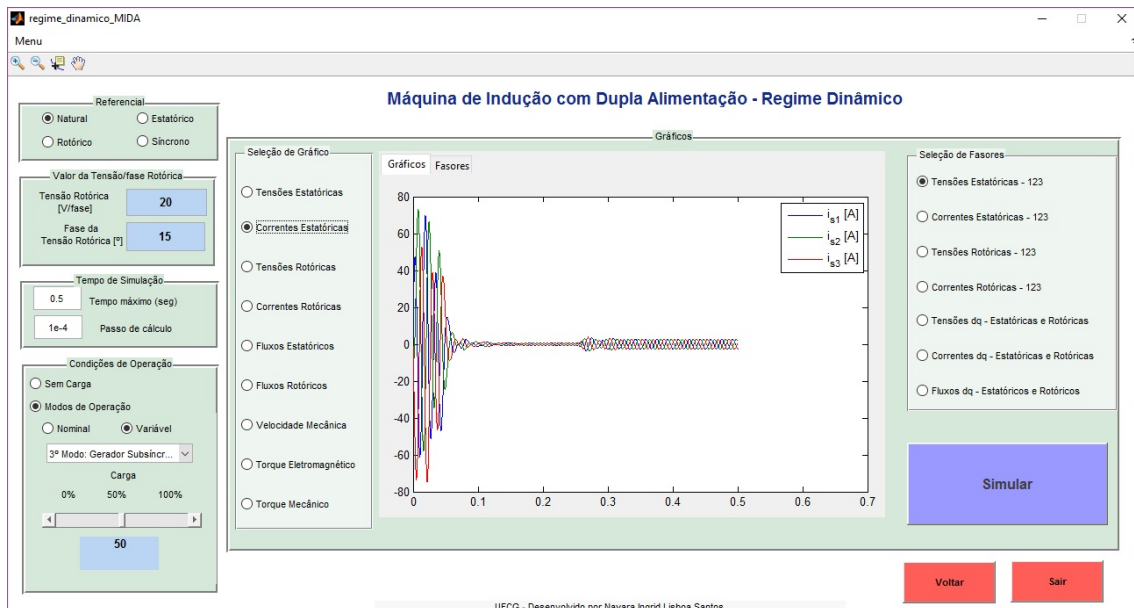
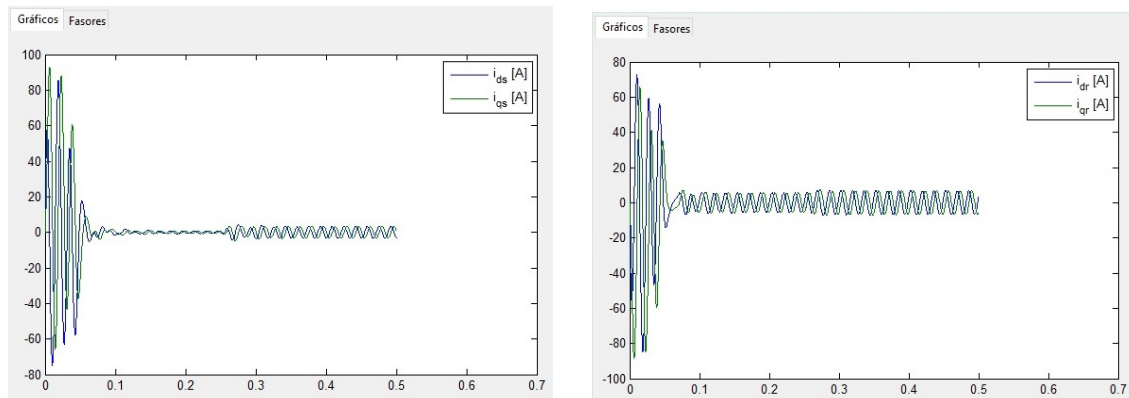


Figura 7 – Gráfico das correntes dq em regime dinâmico para a DFIM.



(a) Correntes estatóricas.

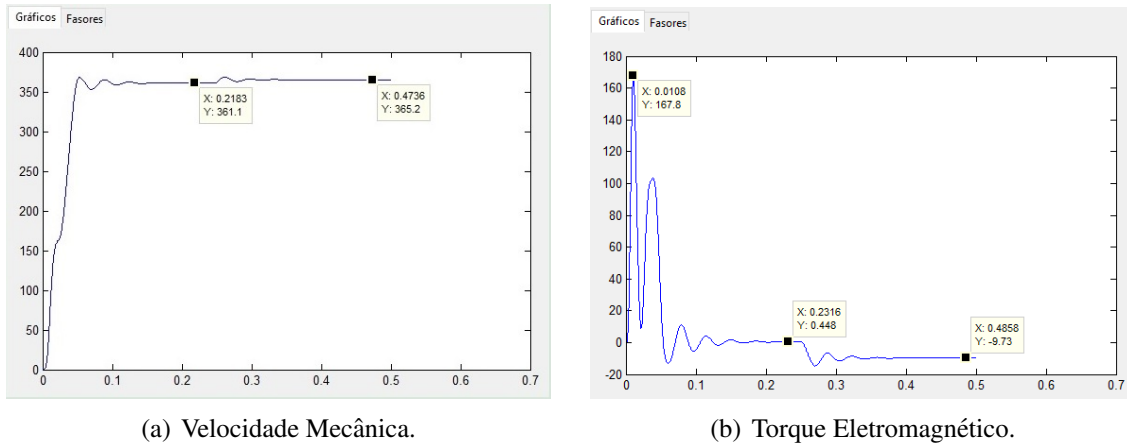
(b) Correntes Rotóricas.

Para o estudo do modo de operação da máquina, analisa se a Figura 8(a) e 8(b), conforme mostra o gráfico da velocidade mecânica e do torque eletromagnético.

Como o modo escolhido foi o gerador subsíncrono ($\omega_m < \omega_s$), que é o modo não convencional de operação, observa se que a velocidade mecânica se mantém a um valor abaixo da velocidade síncrona (377 rad/s) e mesmo ao aplicar uma carga negativa ($T_{mec} < 0$) para que a máquina opere como gerador, a velocidade ainda se mantém abaixo da velocidade síncrona (subsíncrono). A máquina parte sem carga e, quando estiver na metade do tempo, aplica-se a carga de 50%, fazendo com que a velocidade aumente. Em contrapartida, o torque eletromagnético diminui, para compensar a inserção da carga, estabilizando a máquina.

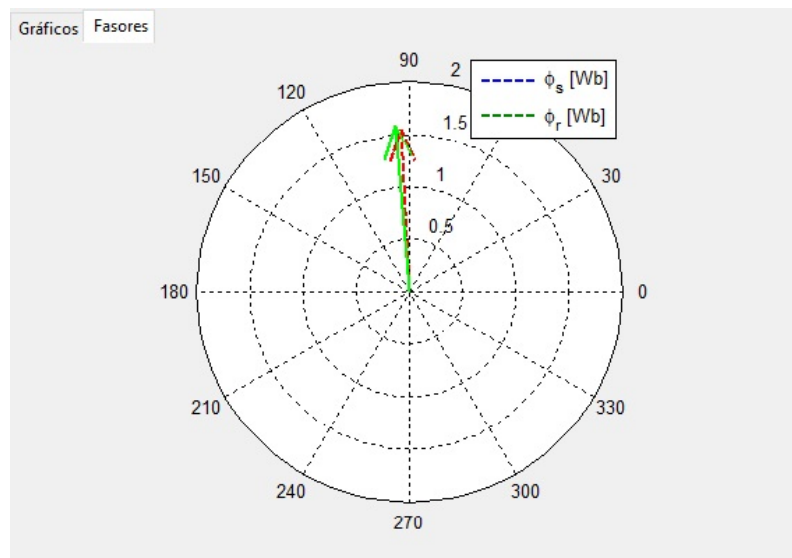


Figura 8 – Gráfico da velocidade e do torque eletromagnético em regime dinâmico para a DFIM.



Para complementar a análise do modo de operação como gerador subsíncrono, observa-se a defasagem do fasor do fluxo do estator e do rotor na aba **Fasores** para comprovar que a máquina está de fato operando como gerador. Neste caso, percebe-se que o fasor do fluxo rotórico está adiantando do fluxo estatórico já que agora o fluxo do estator tende a acompanhar o fluxo do rotor, como mostra a Figura 9.

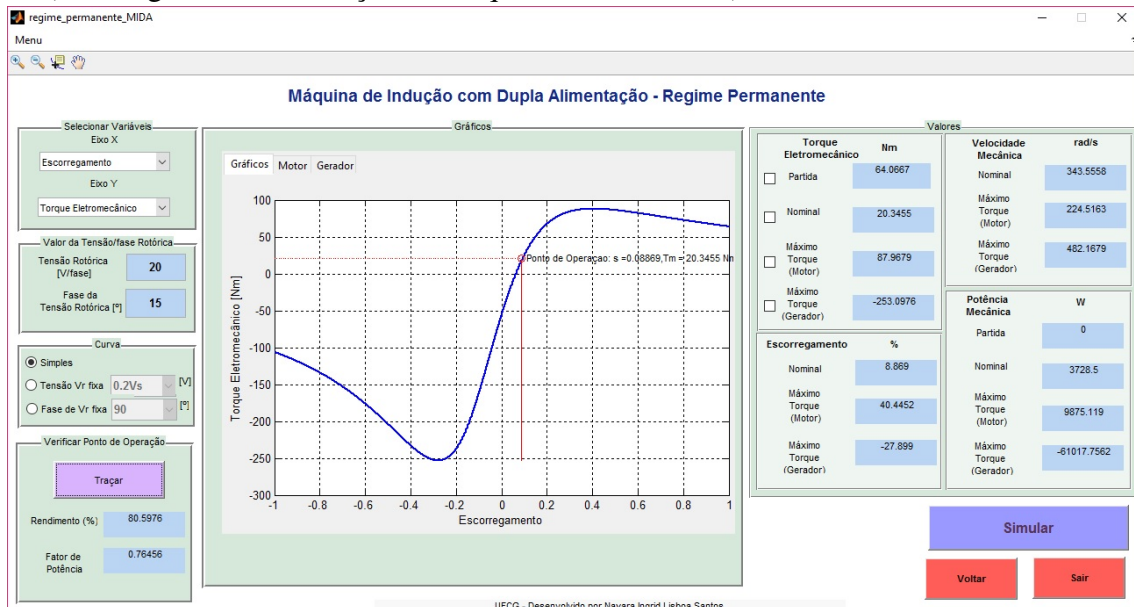
Figura 9 – Fasores do fluxo estatórico e rotórico para o modo de operação gerador subsíncrono.



Para a análise em regime permanente, foi feito o estudo da curva característica representado pelo escorregamento em função torque eletromecânico (Figura 10). É possível visualizar o ponto de operação da máquina, como também o valor do rendimento e do fator de potência. Vale salientar a possibilidade de obter outros gráficos, variando no eixo X

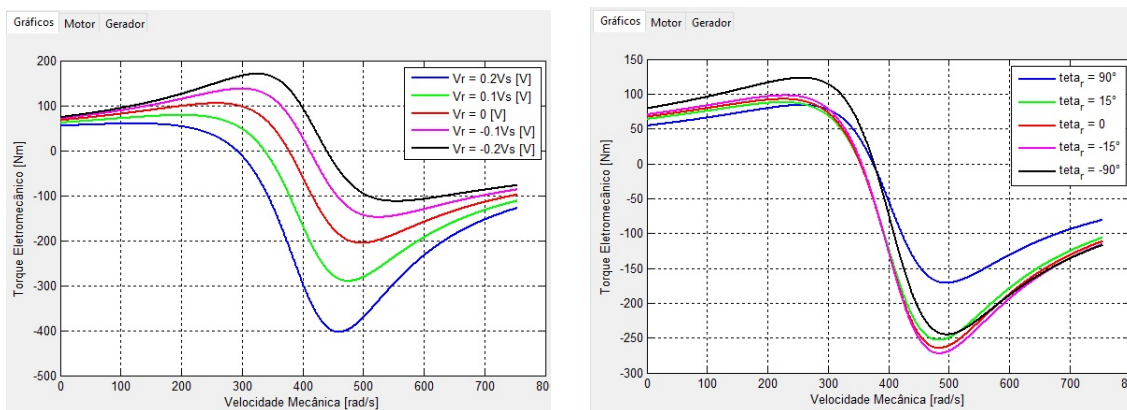
(escorregamento e velocidade mecânica) e/ou o eixo Y (torque eletromecânico, potência mecânica, potência ativa e reativa do estator e potência ativa e reativa do rotor).

Figura 10 – Curva característica da máquina de dupla alimentação (escorregamento em função do torque eletromecânico).



Na Figura 11(a) e 11(b), foram apresentadas as curvas características da máquina variando a amplitude e fase da tensão rotórica. Neste caso também é possível visualizar o rendimento e o fator de potência para cada curva gerada.

Figura 11 – Curvas características para a máquina de dupla alimentação (velocidade mecânica em função do torque eletromecânico).



A partir da Figura 11(a), verifica-se alguns aspectos com relação à tensão rotórica: quando a tensão é zero (curva vermelha), a máquina opera em apenas dois quadrantes, que são as regiões convencionais; quando a tensão é positiva (curva verde e azul), a máquina



pode operar no terceiro quadrante, que corresponde ao gerador subsíncrono e quando a tensão é negativa (curva preta e rosa), a máquina pode operar no primeiro quadrante, que corresponde ao motor supersíncrono. Importante destacar que uma tensão negativa significa a inversão de fases em relação a tensão gerada pelo estator.

Para obter um bom desempenho, é necessário escolher uma tensão e uma fase para que a máquina opere em um nível desejado com um melhor rendimento e fator de potência. Devido a esse fato, destaca-se a importância de utilizar o controle em malha aberta.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ANAGRIM foi desenvolvido com o objetivo de explicar o estudo sobre as máquinas elétricas de indução, além de ajudar na simplificação dos resultados de uma maneira didática, possibilitando o usuário aprender de forma interativa a manipulação dos pontos de operação.

No geral, as máquinas elétricas de indução são bastante utilizadas por serem práticas e mais baratas, porém sua teoria e aplicação é sofisticada, principalmente a máquina de indução com dupla alimentação, que são bastante utilizadas em aplicações que exigem a operação com velocidade variável.

A partir das simulações, foi possível observar o comportamento da máquina em regime permanente e dinâmico, assim como regiões de operação de ambas as máquinas. A depender do ponto de operação que se deseja, pode-se utilizar estratégias de controle, fazendo com que a máquina opere com um melhor aproveitamento de energia.

Conclui-se que, com essas análises realizadas na plataforma, foi possível a validação do estudo, e, assim, houve uma exploração das diversas possibilidades, permitindo um aprofundamento no que diz respeito ao estudo das máquinas elétricas de indução.

É importante destacar que, nesse artigo, foram mostradas algumas opções de se trabalhar com as máquinas, porém o usuário tem vastas possibilidades que podem ser utilizadas para o seu completo entendimento. Dessa forma, o usuário poderá verificar o comportamento da máquina diante de várias condições e verificar como a aplicação dessas condições influenciam na operação da máquina.

4.1. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq e DEE/UFMG pelo apoio e suporte prestado ao longo deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, G. et al. *Doubly fed induction machine: modeling and control for wind energy generation*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011. v. 85.

BIM, E. Máquinas elétricas e acionamento. *Campinas: Campus*, 2009.

FITZGERALD, A.; JR, C. K. C., and SD Umans, *Máquinas Elétricas*. [S.l.]: Bookman, Porto Alegre, RS, 2006.

JACOBINA, C. B. *Máquinas Elétricas e Acionamento*. Campina Grande: [s.n.], 2005.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





DEVELOPMENT OF A GRAPHIC INTERFACE FOR ANALYSIS OF ELECTRIC INDUCTION MACHINES

Resumo: *This article has as purpose to present the development of a graphical interface called ANAGRIM (**GR**aphical **AN**alysis of **I**nduction **M**achine), with objective of providing a interaction user / induction machine, in an intuitive and didactic way making opportune the exploration and explanation through its own analyzes. The study involved the squirrel cage induction machines - SCIM and the doble feed rotor induction machine - DFIM, analyzing its characteristics according to the empty behavior, blocked rotor and its operating profiles. For the characterization and implementation of the machines in dynamic and permanent regime, was used software MATLAB and, for the development of the graphic interface, the platform Graphical User Interface - GUI. As a result, the platform allows the user to use the system based on the main machine equations, and the simulations are presented graphically validating the theory studied.*

Palavras-chave: *Induction machines, Principles of operation, Open loop control, Graphical interface and Electric machine modeling.*

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia