



Desenvolvimento de uma Ferramenta Didática de Simulação Computacional para Aplicação no Acionamento de Motores de Indução Trifásicos com Partida Suave (*Soft-Starters*) no ambiente MATLAB/SIMULINK

Marcos A. A. de Freitas – marcosantonioarantesdefreitas@yahoo.com.br

Deivison P. Alves Silva – deivison.paulo.eng@gmail.com

Ghunter P. Viajante – ghunterp@gmail.com

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)

Avenida Furnas, Nº 55, Village Imperial.

75524-010 – Itumbiara - Goiás

Wander G. da Silva – wander@eee.ufg.br

Escola de Engenharia Elétrica e de Computação – EEEEC - (UFG)

Av. Universitária, n. 1488 - Quadra 86 - Bloco A - 3º piso

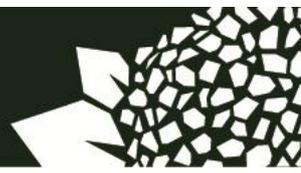
74605-010 - Setor Leste Universitário - Goiânia - Goiás - Brasil

Resumo: *Esse trabalho apresenta um modelo didático para simulação e análise das principais grandezas de interesse no acionamento do Motor de Indução Trifásico (MIT) através de Sistemas de Partida Suave – Soft-Starters. A modelagem do MIT foi desenvolvida nas coordenadas dos eixos abc real da máquina, não efetuando as tradicionais transformações dq. A modelagem do acionamento elétrico no ambiente MATLAB/SIMULINK considerou a alimentação, o controlador de tensão CA, o sistema de controle da partida e disparo de tiristores e o motor de indução. O modelo desenvolvido possibilita ao usuário a realização de ajustes para representação de diferentes parametrizações de um sistema real. Para avaliar o modelo proposto foi realizado teste em laboratório utilizando-se uma chave de partida suave e um motor de indução comercial. Os resultados demonstram a aplicabilidade do modelo que poderá ser utilizado para o estudo de diferentes condições de partida.*

Palavras-chave: *Engenharia Elétrica, Modelagem de Motores de Indução Trifásicos, Simulação Computacional, Partida Suave, MATLAB/SIMULINK.*

1. INTRODUÇÃO

As metodologias de ensino atualmente empregadas nos cursos de Engenharia Elétrica priorizam o emprego de técnicas tradicionalistas. De acordo com BIANCHINI, D. et al, 2007, sobretudo nas áreas das engenharias o ensino é apoiado em grande parte no aspecto conteudista e na transmissão de informações. Nessa transmissão o aluno é visto como um elemento passivo que deve habituar-se a ouvir e repetir encadeamentos lógicos para aplicá-los em situações que apresentam pequenas variações. Muitos docentes consideram que estes procedimentos são difíceis de serem alterados, justificando suas práticas pedagógicas principalmente nas características peculiares das disciplinas as quais ministram. Há de se ressaltar também que muitos alunos são relutantes às mudanças, pois encontram certo conforto nesta posição passiva. De acordo com BAZZO, W. et al, 2000 “a maneira como o



ensino é organizado reflete-se na formação de seus egressos, influenciando sobremaneira na atuação profissional”. Afirma ainda que aqueles alunos que não ultrapassam o limite de seguir o pensamento de outrem estarão sempre em desvantagem no mundo competitivo e exigente em que vivemos atualmente, daí a importância de se buscar um rompimento definitivo com técnicas de ensino meramente transmissivas. Assim, as metodologias de ensino tradicionalistas não atendem as exigências atuais feitas aos profissionais no mercado de trabalho.

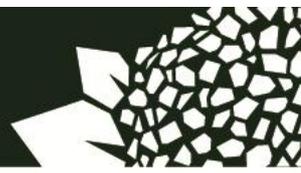
Para romper a barreira do ensino clássico os docentes devem atualizar seus conteúdos, buscando e empregando metodologias e técnicas didáticas apropriadas para o ensino superior do curso de Engenharia Elétrica. Neste contexto, o uso de simuladores para auxiliar o aluno a entender e ver a aplicabilidade das teorias aprendidas (SILVA et al, 2010) tem se tornado bastante empregado, sendo portanto uma tecnologia madura e bastante difundida. Para (BELHOT et al, 2001) & (BIANCHINI, D. et al, 2007) o uso de técnicas de simulação e modelagens, fortalece a prática de pensar de forma estratégica e instiga o trabalho em equipe. Sem dúvida, o uso das ferramentas de simulação computacional possibilita unir os conceitos teóricos apresentados em sala de aula com as aplicações práticas, formando profissionais no conceito de habilidades e competências (MCDERMOTT et al, 2007). Além do compromisso didático, um simulador auxilia o projetista na realização de seus experimentos quando estes ainda estão em sua fase de teste (CARVALHO et al, 2009). As ferramentas de simulação computacional propiciam prever o comportamento real de um protótipo que possa vir a ser construído, possibilitando visualizar todas as anomalias que por ventura serão enfrentadas experimentalmente, servindo como um “alerta” para os discentes e docentes.

Entendendo a importância do uso dos softwares de simulação computacional, especialmente do MATLAB/SIMULINK, vários trabalhos vêm sendo publicados mostrando a aplicabilidade dessas ferramentas (BATISTA, C. E. R. et al, 2012) & (DE SOUZA, J.P.P. et al, 2012).

Adicionalmente, em função do crescente uso de Motores de Indução Trifásicos acionados por sistemas de partida suave (*Soft-Starter*) em sistemas elétricos industriais, as Universidades que ofertam os cursos superiores de Engenharia Elétrica e as Instituições de ensino técnico profissionalizante que ofertam cursos técnicos de Automação Industrial e Eletrotécnica estão constantemente abordando em seus conteúdos curriculares as metodologias de acionamento destas máquinas. Aliado às verificações experimentais feitas em laboratório onde estas chaves *Soft-Starter* estão inseridas se faz necessário a construção de uma ferramenta didática de simulação computacional que auxilie no ensino. A partir de estudos preliminares constatou-se que a linguagem de programação MATLAB/SIMULINK (CHAPMAN, S. J., 2003) é bastante didática e fornece resultados muito próximos daqueles obtidos experimentalmente e será, portanto, utilizada. Dessa forma, serão feitas as verificações e o confronto entre os resultados simulados e experimentais de um sistema de partida suave.

2. DESENVOLVIMENTO

Inicialmente foi realizada uma revisão literária para levantamento do estado da arte a respeito do tema e a importância de desenvolvimento do tema quanto ao aspecto pedagógico. Posteriormente foi desenvolvido um modelo do MIT acionado por sistema de partida suave no ambiente MATLAB/SIMULINK. Na sequência, foi realizada a montagem de bancada experimental em laboratório de forma a possibilitar a realização de teste para validação do modelo desenvolvido. Como produto final, o projeto deverá disponibilizar modelos para o acionamento do MIT, através de um sistema de partida suave. Este modelo possibilitará a observação e análise computacional de todas as grandezas de interesse, principais formas de



onda de tensão e corrente em diferentes pontos do sistema. Neste trabalho, será apresentada apenas a modelagem do MIT alimentado através do sistema de partida suave convencional com dois tiristores por fase, no ambiente MATLAB/SIMULINK. Do ponto de vista da Universidade, os modelos desenvolvidos representarão uma importante ferramenta para o ensino de graduação e pós-graduação, possibilitando aos estudantes uma compreensão detalhada do funcionamento de um sistema de partida suave do MIT. Os resultados obtidos possibilitarão ainda o desenvolvimento de outras estratégias de controle do MIT.

3. A PARTIDA SUAVE DO MIT

Durante as últimas décadas, o acionamento de motores elétricos foi tema recorrente em pesquisas. Os avanços da eletrônica e o desenvolvimento de técnicas de comando possibilitaram o uso do Motor de Indução Trifásico em aplicações dominadas pelo motor de corrente contínua. Com o objetivo de se reduzir o impacto da partida do MIT na rede em função das elevadas correntes de linha geradas com a partida diretamente da rede, a técnica de partida conhecida como Partida Suave (*Soft-Start*), em substituição às tradicionais partidas estrela-triângulo e partida por autotransformador (LARABEE, J. ET AL, 2005), tem conquistado o interesse do setor industrial. Embora pesquisadores tenham relatado o uso desta técnica de partida predominantemente para grandes motores a queda do preço de aquisição de módulos de partida suave tem possibilitado sua utilização para motores de diversas faixas de potência. A partida suave do motor de indução necessita da utilização de controladores de tensão CA (KRISHNAN, R., 2001) & (MOHAN, N. et AL, 1995), a base de tiristores, de forma a possibilitar a aplicação de uma tensão reduzida no motor durante a partida. Embora diferentes estratégias de variação da tensão aplicada no MIT durante a partida tenham sido desenvolvidas (ABED EL-RHEEM, M. M., 2004) a predominância no mercado é pelo sistema considerado convencional.

4. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Um sistema de Partida Suave clássico é constituído de dois tiristores por fase em antiparalelo e um circuito de controle, normalmente realizado com o uso de um microprocessador que atua no controle de um conjunto dos tiristores responsáveis pelo ajuste da tensão aplicada aos terminais do motor. Através de ajustes de parâmetros no módulo de partida conhecidos como *parametrização*, pode-se controlar o torque do motor ou sua corrente de partida impondo os valores desejados em função da exigência da carga e da inércia. As chaves de partida estáticas são dotadas de uma função para aplicação de um pulso de tensão inicial cujo valor pode ser definido pelo usuário. Sua finalidade é forçar a partida em cargas de inércia elevada. Dependendo do modelo, o valor inicial dessa tensão pode variar entre 25% e 40% da tensão nominal. O ângulo de disparo dos tiristores é controlado eletronicamente por meio de microprocessador. Esse ângulo de disparo é alterado adequadamente, imprimindo aos terminais do motor uma tensão variável. A estratégia de geração dos pulsos de disparo é feita a partir da comparação entre uma onda “dente de serra”, devidamente sincronizada com a rede de suprimento, e uma tensão contínua variável. O resultado dessa comparação são pulsos discretos com ângulos variáveis.

5. MODELAGEM DO SISTEMA DE PARTIDA SUAVE DO MIT

A modelagem do MIT foi realizada no eixo de referência abc (FREITAS, M. A. A., 2002). A partir das equações obtidas, foi desenvolvido no ambiente SIMULINK o modelo

apresentado na figura 2, que representa um MIT genérico com rotor em gaiola, cujos parâmetros podem ser definidos pelo usuário. A equação matricial do MIT no eixo de referência abc está representado no bloco denominado “Eq_Matricial_MIT”.

A alimentação do MIT é realizada através de um controlador de tensão CA com dois tiristores por fase, em anti-paralelo. No ambiente SIMULINK, este controlador foi modelado conforme ilustrado na figura 3. Os circuitos de sincronismo e disparo dos tiristores desenvolvidos no Simulink podem ser vistos nas figuras 4 e 5. Na figura 4, os blocos denominados *Circ Disp Tiristor*, *Circ Disp Tiristor1* e *Circ Disp Tiristor2* contém a estratégia

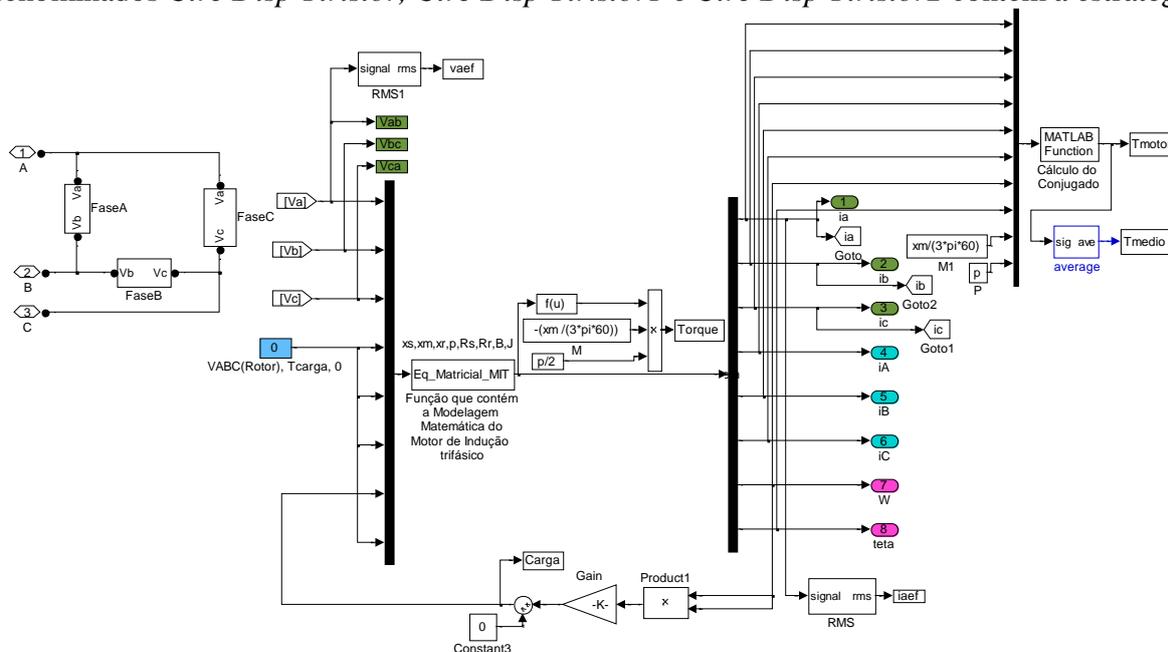


Figura 2 – Modelo do MIT no ambiente SIMULINK.

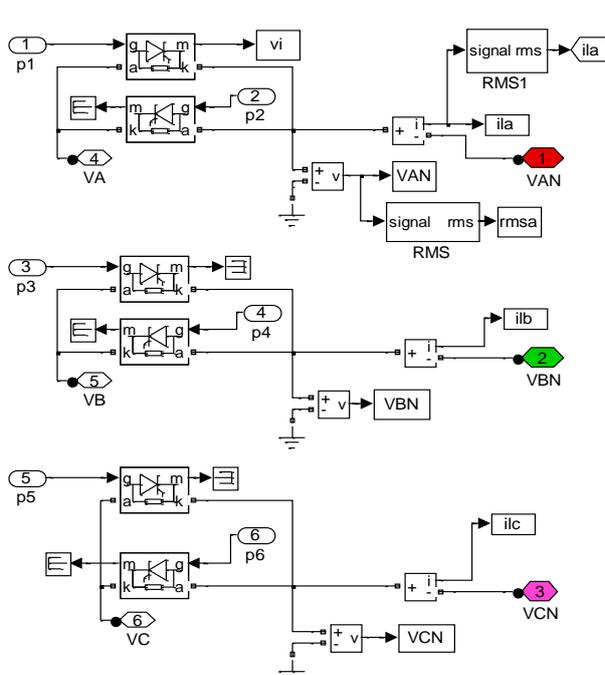


Figura 3 – Controlador de tensão CA no ambiente SIMULINK.

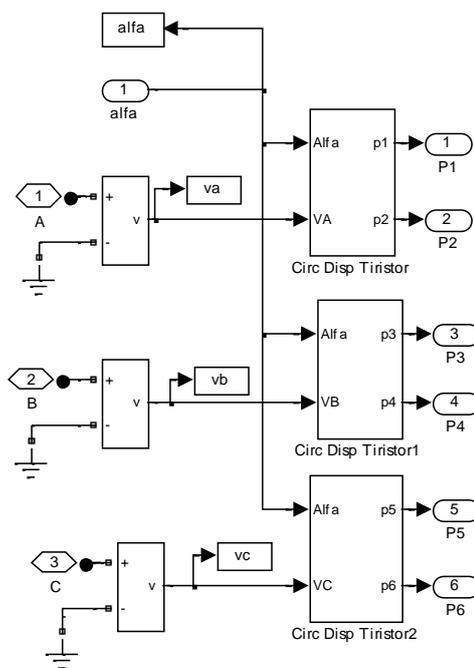


Figura 4 – Circuito de sincronização para disparo dos tiristores do Controlador CA.

empregada pelo circuito integrado TCA 780 especialmente projetado para a geração dos pulsos para cada tiristor instalado nas fases de alimentação do MIT. A estratégia implementada pode ser vista na figura 5 onde o circuito apresentado é capaz de comandar os dois tiristores de suas respectivas fases.

O bloco denominado Controlador do Ângulo de Disparo dos Tiristores ilustrado na figura 6 é constituído de um regulador de corrente do tipo PI para impor limitação de corrente de partida, representando assim um tipo de parametrização disponível na maioria dos módulos de partida suave comercialmente disponíveis. Atuando-se no valor de referência de corrente e no bloco de imposição de rampa de aceleração, pode-se se representar qualquer tipo de parametrização desejável. O modelo completo do MIT acionado por um sistema de partida suave composto da fonte de alimentação trifásica, controlador de tensão CA, motor de indução e circuito de controle de rampa de aceleração é ilustrado na figura 7. Neste modelo, o bloco ilustrado pelo transformador é simplesmente uma fonte de tensão trifásica que alimenta todo o conjunto.

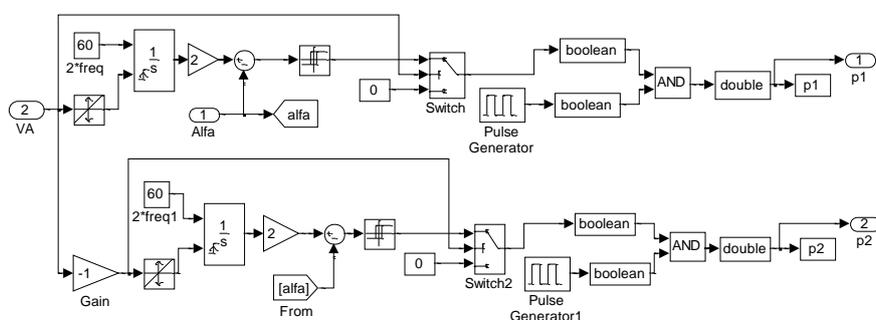


Figura 5 – Geração de pulsos de disparo para tiristores – fase 1.

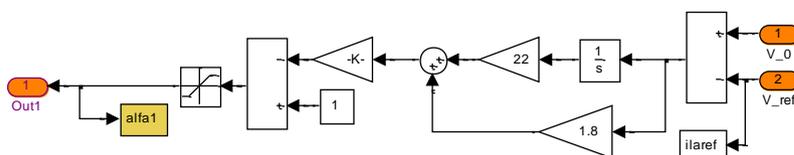


Figura 6 – Regulador de Corrente.

SIMULAÇÃO DO MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO ACIONADO POR CHAVE DE PARTIDA SUAVE (SOFT-STARTER)



Figura 7 – Modelo Simulink do MIT acionado por sistema de Partida Suave.

6. RESULTADOS DE SIMULAÇÃO

Foi realizada uma simulação computacional para avaliação do modelo desenvolvido, com um MIT de 4 CV – 2 pólos, 60 Hz, 220V acionando um ventilador industrial. Os dados do MIT são apresentados a seguir:

Tabela 1. Parâmetros e Grandezas do Motor de Indução Trifásico.

Potência nominal	4 CV
Tensão de alimentação	220V
Reatância de dispersão do estator	$X_s = 2.79 \Omega$
Reatância de dispersão do rotor	$X_r = 3.83 \Omega$
Reatância de magnetização	$X_m = 88.754 \Omega$
Resistência de estator	$R_s = 1.213 \Omega$
Resistência de rotor	$R_r = 1.096 \Omega$
Coefficiente de atrito viscoso	$B = 0.008 \text{ Nm/rad/s}$
Momento de inércia	$J = 0.0195 \text{ Nm.s}^2/\text{rad}$

Foi imposta uma rampa de aceleração conforme ilustrada na figura 8. O valor inicial de tensão foi de 25% da tensão nominal e ajustado um tempo de partida de 4s para conclusão da partida. Foi imposta, adicionalmente, uma limitação da corrente de linha na partida em 280% da corrente nominal, o que corresponde a aproximadamente 40A – valor de pico. A figura 9 ilustra na parte superior a tensão da fase A acompanhada, na parte inferior, dos respectivos pulsos de gatilho para disparo dos tiristores. Observa-se a existência de uma sequência de pulsos de duração igual ao intervalo de condução dos tiristores daquela fase.

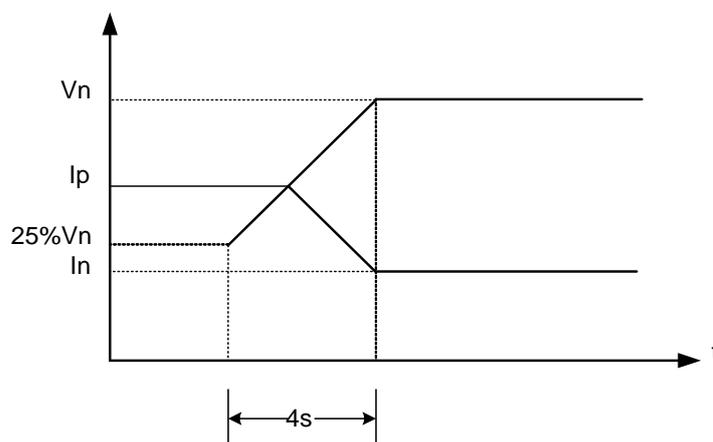


Figura 8 – Forma da rampa de aceleração do MIT durante a partida.

A figura 10 ilustra a tensão de linha obtida através de simulação utilizando-se o modelo desenvolvido. Na parte superior tem-se forma de onda de tensão em uma janela de 5s e na inferior uma ampliação na escala de tempo evidenciando os instantes iniciais da partida do MIT.

A figura 11, na parte superior, ilustra a corrente de linha durante a partida em uma janela de 5s. Na parte inferior, uma ampliação na escala de tempo evidenciando sua forma de onda

nos instantes iniciais. Pode-se observar que, e função da limitação imposta, o valor de pico permanece praticamente constante durante quase todo o tempo de partida.

A figura 12 por sua vez ilustra, na parte superior, a tensão de linha em uma janela de 5s e, na parte inferior, uma ampliação na escala de tempo, representando um instante próximo ao final da partida. Observa-se nesta figura que a tensão aplicada no MIT já se aproxima de uma função senoidal.

Na figura 13, parte superior, a corrente de linha na janela de 5s e, na parte inferior, uma ampliação na escala de tempo igual ao da figura 12, ilustrando que se aproxima, progressivamente, de uma função senoidal. Finalmente, uma vez concluída a partida, a tensão aplicada no MIT pelo módulo de partida suave já é perfeitamente senoidal, assim como a corrente.

As figuras 14 e 15 ilustram, respectivamente, a tensão e corrente de linha do MIT. Na parte superior de cada figura, a evolução da partida em uma janela de 5s e na parte inferior, uma ampliação na escala de tempo evidenciando as formas de onda de tensão e corrente após a conclusão da partida. Pode-se observar ainda a existência de ruídos em função da comutação dos tiristores.

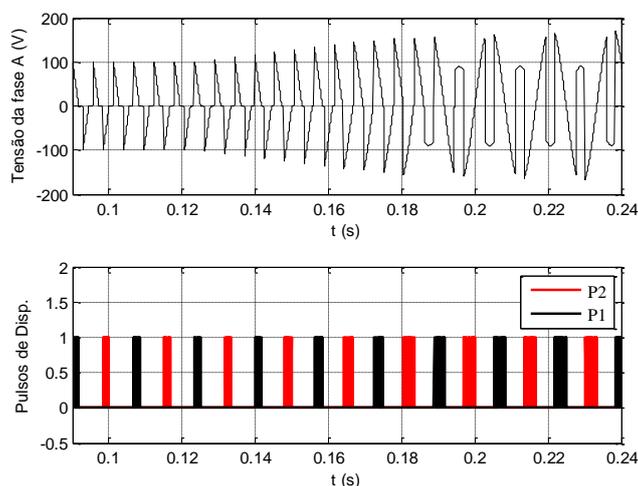


Figura 9 – Tensão da fase A do MIT acompanhada dos pulsos de disparo dos tiristores.

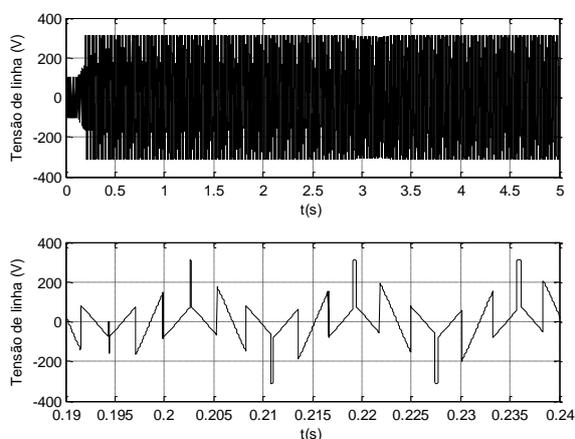


Figura 10 - Tensão de linha do MIT com “zoom” nos instantes iniciais da partida.

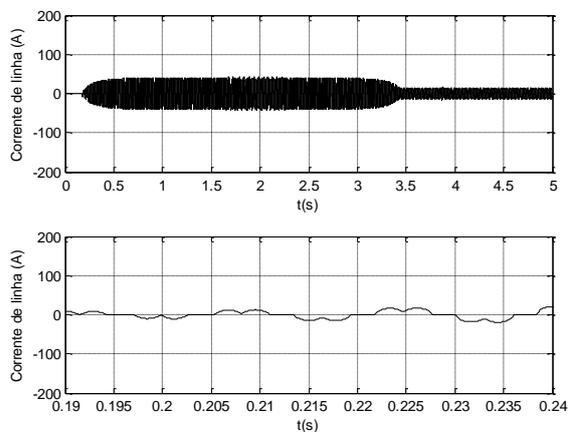


Figura 11 – Corrente de linha do MIT com “zoom” nos instantes iniciais da partida.

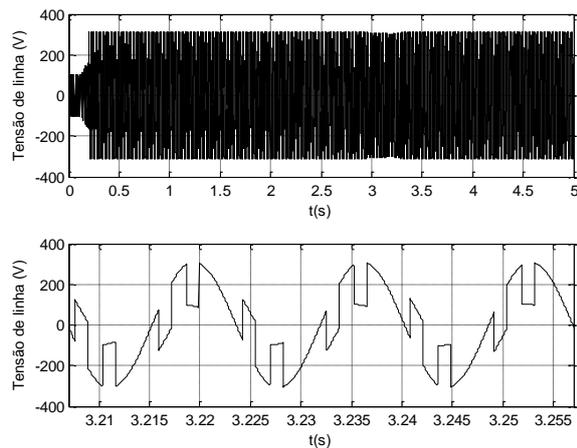


Figura 12 – Tensão de linha do MIT com “zoom” em um instante de tempo aproximadamente igual a 3s após o início da partida.

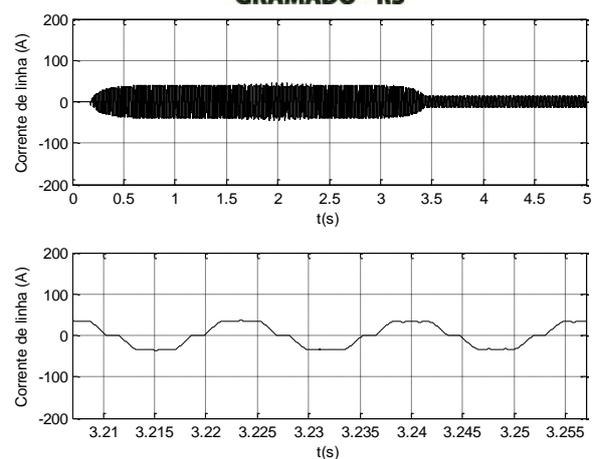


Figura 13 – Corrente de linha do MIT com “zoom” em um instante de tempo aproximadamente igual a 3s após o início da partida.

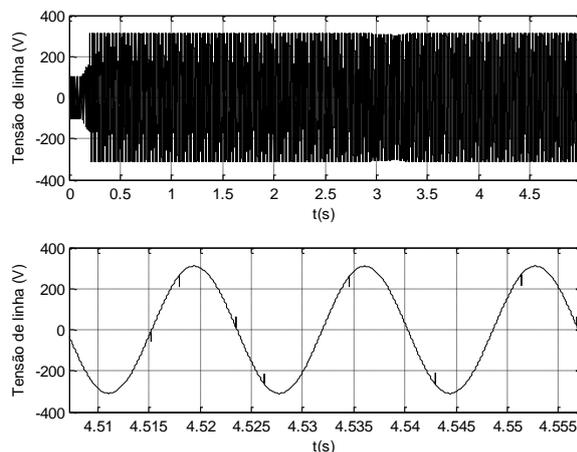


Figura 14 – Tensão de linha do MIT com “zoom” em um instante de tempo aproximadamente igual a 4.3s após o início da partida.

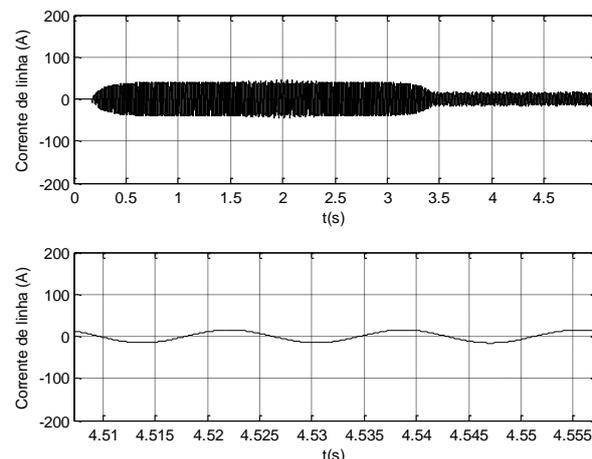


Figura 15 – Corrente de linha do MIT com “zoom” em um instante de tempo aproximadamente igual a 4.3s após o início da partida.

7. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Com o objetivo de validar os resultados de simulação, foram realizados testes em laboratório utilizando-se um Módulo de Partida Suave comercial da série SSW05 de fabricação WEG, com um motor de indução trifásico de 4CV – 2 pólos, 60 Hz, cujos parâmetros são aqueles utilizados na simulação.

Os parâmetros do módulo de partida suave foram ajustados para garantir uma rampa suave de aceleração através da variação da tensão aplicada durante a partida, conforme ilustrado na figura 8. No instante da partida é aplicado um degrau de tensão equivalente a 25% da tensão nominal. A partir deste instante, a tensão aplicada no MIT cresce linearmente durante 4 segundos, tempo parametrizado para a conclusão da partida. Através de parametrização, a corrente de partida da máquina foi limitada em 170% da corrente nominal da chave, o que representa uma corrente de aproximadamente 280% da corrente nominal do

MIT. Desta forma a tensão aplicada no motor deverá variar em valor eficaz desde que a corrente não ultrapasse o limite definido no módulo de partida suave. A figura 16 mostra o módulo didático utilizado no experimento. Foi utilizada uma chave de partida suave modelo SSW-05. Basicamente, essa chave é composta por entradas digitais e saídas a relé e os parâmetros dessa chave eletrônica pode ser facilmente programados conforme a necessidade. A chave *soft-starter* foi utilizada para acionar um motor de indução trifásico de 4 CV, também ilustrado na figura 16.

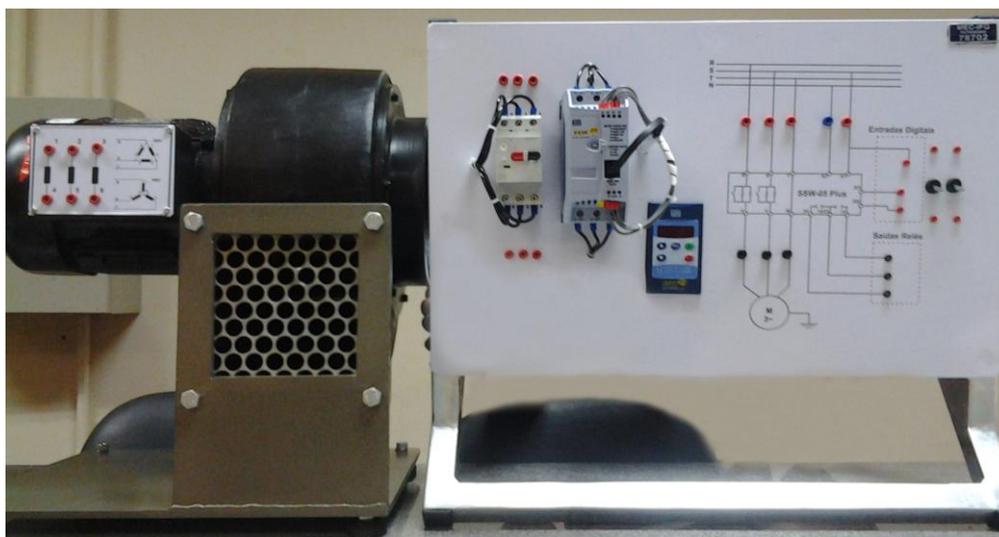


Figura 16 – Módulo didático: Chave de Partida Suave + Motor de Indução.

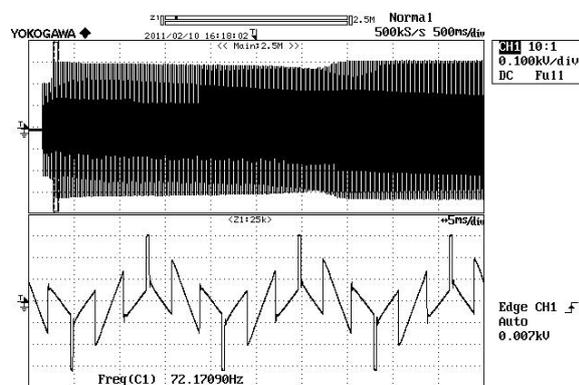


Figura 17 – Tensão aplicada no MIT durante os instantes iniciais da partida.

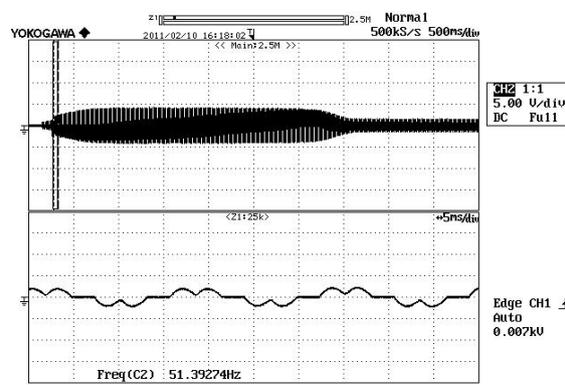


Figura 18 – Corrente de linha do MIT com “zoom” em um instante de tempo aproximadamente igual a 0.3s após a partida.

Para fins de medição em laboratório através do osciloscópio, foi utilizada uma ponta de prova para medição da tensão com um ganho de 10:1. Nas medições da corrente, foi utilizada uma ponta de prova de efeito Hall com um ganho de 0.1V/A. Assim, para a corrente, cada divisão da imagem representa uma amplitude para a corrente de 50A.

A figura 17 ilustra a forma de onda da tensão de linha em condições de partida do MIT durante aproximadamente 5s, em duas janelas: i) superior - apresentando a tensão aplicada no motor e ii) Ampliação de 100 vezes no eixo dos tempos, representando uma janela de 50ms da área selecionada na janela superior, relativa aos instantes iniciais da partida. Esta figura pode ser comparada à figura 10 obtida através de simulação computacional. Da mesma forma, a figura 18 ilustra a corrente de linha do motor com a mesma ampliação no eixo dos tempos.



Nota-se que, em função da tensão senoidal recortada em função do disparo de tiristores, tanto a tensão quanto a corrente assumem forma de onda não senoidal. As figuras 19 e 20 por sua vez apresentam, respectivamente, as formas de onda de tensão e corrente com ampliação na mesma janela de 50ms para um instante aproximadamente igual a 3s após o início a partida. Observa-se uma variação da forma de onda da tensão aplicada no MIT e na corrente de linha, com destaque para a variação em sua amplitude.

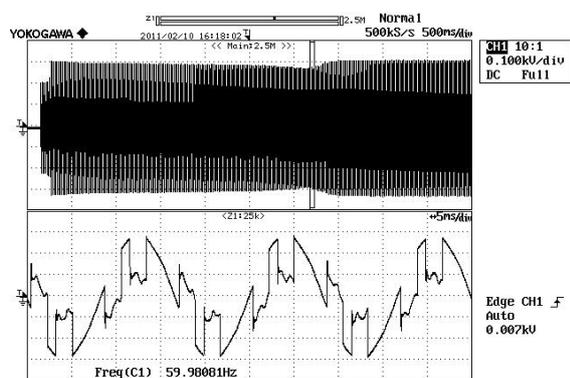


Figura 19 – Tensão de linha do MIT com “zoom” em um instante de tempo aproximadamente igual a 3.2s após a partida.

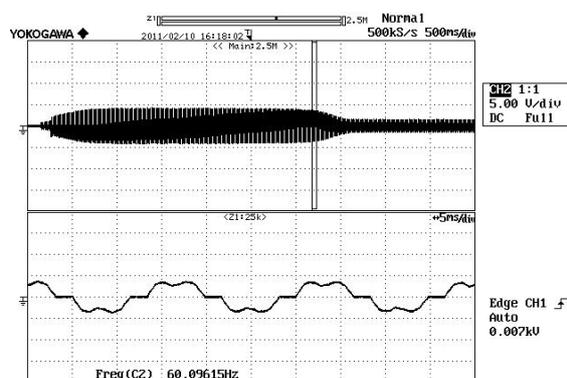


Figura 20 – Corrente de linha do MIT com “zoom” em um instante de tempo aproximadamente igual a 3.2s após a partida.

A figura 19 para a tensão de linha no MIT pode ser comparada à figura 12 obtida através de simulação computacional do modelo desenvolvido no ambiente Simulink. A figura 20 pode ser comparada à figura 13, para corrente de linha.

As figuras 21 e 22 ilustram respectivamente, as formas de onda de tensão e corrente com ampliação a janela de 50ms para um instante aproximadamente igual a 4,5s, isto é, após a conclusão da partida do MIT. Pode-se observar que neste instante tanto a tensão quanto a corrente do MIT já são sinodais. Entretanto, em função do chaveamento dos tiristores do controlador de tensão CA, pode-se observar a presença de ruídos nos instantes da comutação.

A figura 21 pode ser comparada à figura 14 obtida através de simulação computacional enquanto a figura 22 comparada à figura 15, igualmente obtida através de simulação.

É comum, porém, conectar o MIT diretamente à rede após a conclusão da partida. Esta prática possibilita a retirada do sistema de partida suave da rede de alimentação, deixando-o livre para ser utilizado na partida de outros motores. Neste caso, como o MIT estaria ligado diretamente à rede de alimentação, a tensão aplicada ao motor deixará de apresentar os ruídos evidenciados na figura 21.

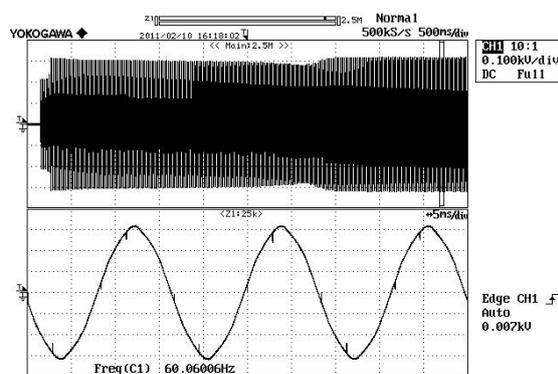


Figura 21 – Tensão de linha do MIT com “zoom” na região de regime permanente.

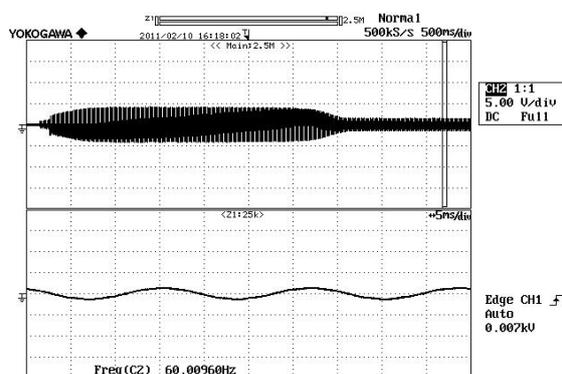
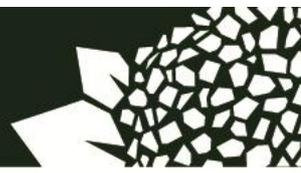


Figura 22 – Corrente de linha do MIT com “zoom” na região de regime permanente.



8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou a modelagem do MIT acionado por um sistema de partida suave no ambiente MATLAB/SIMULINK. O objetivo principal do trabalho foi a criação de uma ferramenta de simulação computacional que auxilie os professores dos cursos superiores de Engenharia Elétrica e de cursos Técnico e Tecnológicos no processo de ensino-aprendizagem. A simulação implementada contribui para a modificação das formas tradicionalistas de ensino adotadas pelos docentes das respectivas áreas.

Foi modelado o sistema completo compreendido pela alimentação trifásica, controlador de tensão CA a tiristor, circuito de geração de pulsos para disparo dos tiristores e circuito para geração de rampa de aceleração com limitação de corrente de partida. O modelo desenvolvido foi simulado para obtenção de resultados que foram comparados àqueles obtidos experimentalmente em laboratório. Observou-se que o modelo desenvolvido representa com fidelidade o sistema real de forma a validar sua utilização para a simulação computacional e análise das correntes geradas em função da partida suave. Num próximo momento será analisado o impacto destas correntes harmônicas na qualidade da tensão de alimentação em função da partida suave do motor de indução trifásico. A implementação do projeto, na forma de plataforma de simulação didática, se mostrou uma ótima alternativa posto que, além de introduzir uma nova metodologia de ensino da disciplina de Acionamento de Máquinas Elétricas

9. REFERÊNCIAS/CITAÇÕES

ABED EL-RHEEM, M. M., F. N. A. ABED EL-BAR, F. N., AHMED, N. A. and ABED EL-HAFEZ, A. A., "A Non Conventional Method for Soft Starting of Three Phase Induction Motors", IEEE 2004.

BATISTA, C. E. R., MOURA, L.H., e CARMO, M.J. Ensino multidisciplinar de controle automático e microprocessadores, através de um simulador de microcontrolador para o Matlab. COBENGE 2012.

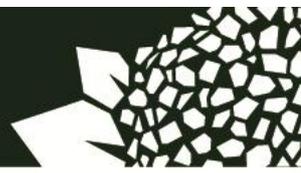
BAZZO, W. (et al). Educação Tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia. Florianópolis: YFSC, 2000.

BELHOT, R. V. (et al). O uso da simulação no ensino de engenharia. COBENGE 2001.

BIANCHINI, D. (et al) A simulação como ferramenta didática no ensino de engenharia. COBENGE 2007.

CHAPMAN, S. J. Programação em Matlab para engenheiros. São Paulo: Pioneira Thomson Learning. 2003.

DE SOUZA, J.P.P., ROSA, E.L., SCHNEIDER, G.A, ACOSTA, S.M., DE ARUDA, L.V.R. e JUNIOR, F.N. Unindo a teoria e a prática no ensino de Automação industrial e controle de processos. COBENGE 2012.



FREITAS, M. A. A. Efeito da saturação magnética em motores de indução acionados por conversores e proposta de um estimador de fluxo rotórico”, Tese de Doutorado, UFU, Uberlândia, Brasil, 2002.

KRISHNAN, R. Electrical Machines, Drives, and Power Systems, Prentice-Hall, 2001.

LARABEE, J., PELLERINO, B. and FLICK, B. Induction Motor Starting Methods and Issues, Petroleum and Chemical Industry Conference, 2005. Industry Applications Society 52nd Annual Meeting, Setembro de 2005 P. 217 – 222.

MCDERMOTT, K.J , NEDIC Z., NAFALSKI A., MACHHOTKA J. Experiential learning for first year engineering students, In: 10th UICEE, Annual Conference on Engineering Education Bangkok, Thailand, 2007.

M. G. SOLVENSON, B. MIRAFZAL and N. A. O. DEMARDASH. “Soft Started Induction Motor Modeling and Heating Issues for different Starting Profiles Using a Flux Linkage ABC-Frame of Reference”, IEEE IAS 2004.

MOHAN, N., UNDERLAND, T. M. and ROBBINS, W. P. Power Electronics: Converters, Applications, and Design, John Wiley & Sons, Inc, 1995.

SILVA, A.N., MARTINS, D.D.S., e NIGRO, I.C. Laboratórios computacionais no ensino de Engenharia de Produção. Revista INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção, vol. 02, nº 12, 2010.

DEVELOPMENT OF A TOOL FOR TEACHING COMPUTATIONAL SIMULATION APPLICATION IN CONTROL OF THREE-PHASE INDUCTION MOTORS WITH DEPARTURE SOFT-STARTER IN MATLAB/SIMULINK

Abstract: *This paper presents a model for simulation and analysis of the main quantities of interest in activation of Three Phase Induction Motor (MIT) through Systems Soft Starters. The modeling was developed in MIT coordinate axes abc actual machine, not performing the traditional dq transformation. The modeling of the electric drive in MATLAB / SIMULINK considered feeding the AC voltage controller, the control system of the gate and firing thyristors and the induction motor. The model enables the user to make adjustments to the representation of different parameterizations of a real system. To evaluate the proposed model test was performed in the laboratory using a soft starter and induction motor trade. The results demonstrate the applicability of the model that can be used to study different starting conditions.*

Key-words: *Electric Engineering, Modeling of Three-Phase Induction Motors, Computer Simulation, Soft Starter, MATLAB/SIMULINK.*