

## CÁLCULO DA VIBRAÇÃO EM MOTORES ELÉTRICOS UTILIZANDO SENSORES ACELERÔMETROS

José Antonio Toledo Júnior <sup>(1)</sup> ([jatoledojunior@gmail.com](mailto:jatoledojunior@gmail.com)), Leonardo Adolpho Rodrigues da Silva <sup>(1)</sup>  
([leonardo@ufsj.edu.br](mailto:leonardo@ufsj.edu.br))

<sup>(1)</sup> Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) - PPGEL - Praça Frei Orlando, 170, Centro, São João del-Rei, MG, 36307-352

**RESUMO:** A maioria das falhas de rotor e estator de uma máquina de indução são causadas por combinações de estresses de origem térmica, elétrica, mecânica e ambiental. Vibrações induzem a circulação de correntes de sequência zero e sequência negativa, podendo gerar ferimentos de pessoal por tensão de passo e tensão de toque, além de danos ao motor pela presença de um campo magnético rotativo de sequência negativa que causa um deslizamento muito alto do rotor, levando a elevadas correntes do rotor e, conseqüentemente, superaquecimento. Em algumas aplicações é necessário medir tanto a vibração do estator quanto do rotor para determinar a vibração relativa entre os dois componentes. Este trabalho vem, então, propor o desenvolvimento de uma metodologia computacional para criar um algoritmo capaz de encontrar os ângulos de rotação do eixo coordenado de rotor para o eixo coordenado de estator, eixos estes medidos através de sensores acelerômetros. Foi obtido um algoritmo que encontra os 3 ângulos em 0.3 milissegundos e erros abaixo de 1% para o passo de simulação igual a 0.025 graus. Isso representa um tempo de processamento suficientemente pequeno para a elaboração de soluções de controle da vibração, respeitando o critério de Nyquist-Shannon que garante nenhum aliasing. De posse dos ângulos é possível calcular a vibração do motor e elaborar soluções adequadas para corrigir ou impedir tal fenômeno.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vibração, Motores Elétricos, Matrizes de Rotação, Algoritmo Eficiente.

### 1. INTRODUÇÃO

Conversores de energia e máquinas elétricas de um acionamento elétrico estão suscetíveis a falhas de diversas naturezas. Souza (2017) menciona que falhas nesses equipamentos podem levar a um desbalanceamento nas tensões e correntes, circulação de correntes de sequência negativa, aparecimento de harmônicos específicos nas correntes de estator, redução do conjugado médio desenvolvido, pulsação de conjugado de torque, vibração, ruído, aquecimento e redução de eficiência.

Ainda de acordo com Souza (2017), a porcentagem de falha em motores de indução trifásicos é de 38% para estator, 10% para rotor, 40% para rolamentos e 12% para outros. A maioria das falhas do rotor e do estator de uma máquina de indução são causadas por combinações de estresses que atuam sobre esses dois componentes, podendo ser de origem térmica, elétrica, mecânica e ambiental. Dos fatores que afetam o comportamento de máquinas elétricas rotativas, Baccarini (2005) destaca os de origem mecânica, que são desbalanceamento, desalinhamento e folga mecânica, e os de origem eletromagnética, que são excentricidade, desequilíbrio de fase e falhas nos enrolamentos do estator.

O estresse mecânico pode ocorrer devido à alta vibração mecânica do motor e ao movimento da bobina de estator, sendo esta última produzida por forças elevadas em função das altas correntes que circulam no estator (força é proporcional ao quadrado da corrente). O estresse elétrico ocorre quando transientes estão presentes na tensão de alimentação, o que pode contribuir para a deterioração do isolamento e causar falhas prematuras. Além disso, um pequeno desequilíbrio de tensão causará

IX COEN – Congresso de Engenharias da UFSJ  
Interconexão.

um aumento na temperatura do enrolamento, pois para cada 3,5% de desequilíbrio de tensão por fase, a temperatura do enrolamento aumentará 25% na fase com a maior corrente (SOUZA, 2017).

Vibrações de alta amplitude por longos períodos de duração podem provocar a queima de máquinas elétricas. O termo “queima” utilizado aqui remete ao rompimento do fio condutor devido ao excesso de temperatura gerado pela passagem de correntes elevadas, em que muitas vezes o calor produzido é maior do que o verniz isolante foi projetado para suportar, levando à deterioração do mesmo. De acordo com Baccarini (2005), a deterioração do isolamento do estator normalmente começa com curto-circuito envolvendo poucas espiras de uma mesma fase e se estende rapidamente para outras seções do enrolamento, causando: curto-circuito entre bobinas de uma mesma fase e entre bobinas de fases diferentes e, curto-circuito entre fase e terra, que podem resultar em perdas irreversíveis do núcleo do estator.

O Teorema de Fortescue mostra que um sistema desequilibrado de tensão pode ser decomposto em três sistemas equilibrados através das componentes simétricas. Os três sistemas são denominados de componentes de sequências positiva, negativa e zero. A componente de sequência positiva produz conjugado no mesmo sentido de rotação do motor, a negativa produz conjugado em sentido contrário e a de sequência zero não gera conjugado (BACCARINI, 2005). Silva, *et al.* (2014) mencionam riscos de ferimentos de pessoal por tensão de passo e tensão de toque devido à circulação de corrente de sequência zero. Explicam ainda que o risco de dano do motor é caracterizado pela presença de um campo magnético rotativo de sequência negativa que causa um deslizamento muito alto do rotor, levando a elevadas correntes do rotor e, consequentemente, superaquecimento.

Fica claro que é de fundamental importância medir e monitorar vibrações de máquinas elétricas rotativas a fim de caracterizar problemas relacionados a esse fenômeno e criar soluções efetivas para minimizar as causas que o produz. Em algumas aplicações em que motores elétricos são acoplados em estágios, como é o caso das Bombas Centrífugas Submersas Submarinas (BCSS) utilizadas na extração de petróleo, é necessário medir tanto a vibração do estator quanto do rotor para determinar a vibração relativa entre os dois componentes, já que os estágios anteriores e posteriores afetam diretamente no estágio atual, o estator não está fixo a uma base estacionária e o enorme comprimento longitudinal do motor permite flexão considerável do estator e rotor.

Este trabalho vem, então, propor o desenvolvimento de uma metodologia computacional para criar um algoritmo capaz de encontrar os ângulos de rotação do eixo coordenado de rotor para o eixo coordenado de estator, eixos estes medidos através de sensores acelerômetros. De posse dos ângulos é possível calcular a vibração de um motor, especialmente em aplicações que têm motores semelhantes aos da BCSS, e corrigir tal fenômeno para evitar falhas.

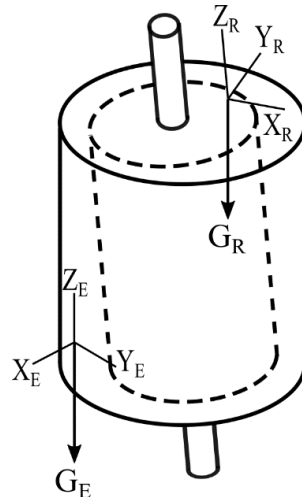
## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Rotação de Eixos Coordenados

Os acelerômetros decompõem os vetores gravidade do estator,  ${}^E G = [X_E \ Y_E \ Z_E]^T$ , e do rotor,  ${}^R G = [X_R \ Y_R \ Z_R]^T$ , nos eixos coordenados  $\{E\}$  e  $\{R\}$ , respectivamente, como mostra a Figura 1. O sobrescrito  $T$  representa a transposta do vetor.

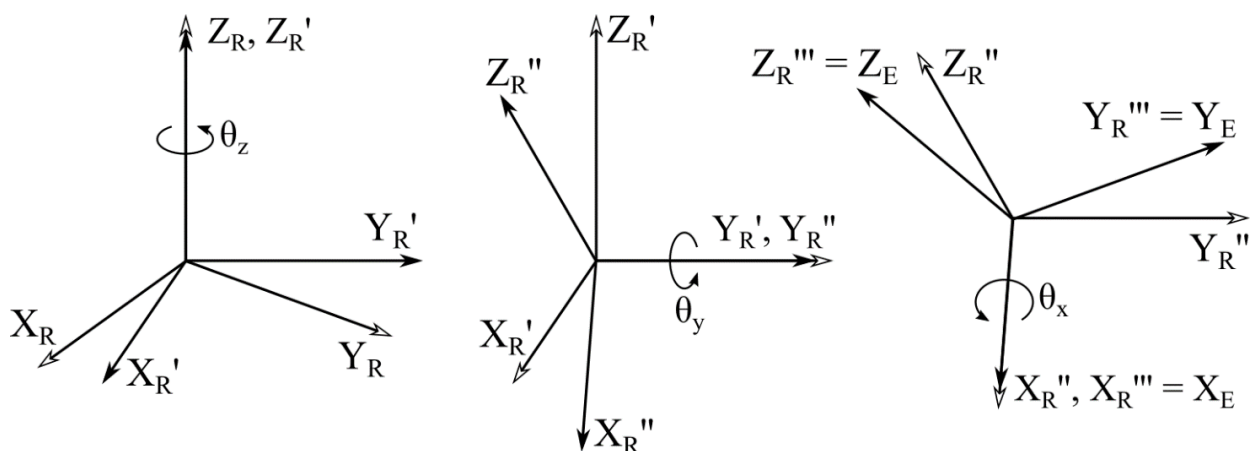
O estator, como o próprio nome sugere, é estacionário, enquanto o rotor gira com velocidade e torque necessários para a aplicação do cliente. Logo, o processo de encontrar a vibração relativa entre os componentes não é direto (obtido apenas pela subtração das respectivas componentes X, Y

e Z de cada conjunto de eixos coordenados e dividindo pelo tempo), sendo necessário para esse processo rotacionar o eixo do rotor,  $\{R\}$ , para o eixo do estator,  $\{E\}$ .



**Figura 1** - Acelerômetros do Estator e do Rotor. Fonte: Própria (2019).

Craig (2005) mostra que é possível representar um eixo coordenado em outro através de 3 rotações sucessivas utilizando X-Y-Z Ângulos Fixos ou Z-Y-X Ângulos de Euler. A rotação por Ângulos Fixos consiste em manter um referência inercial  $[X_0 \ Y_0 \ Z_0]^T$  fixo no espaço e rotacionar o sistema desejado  ${}^R G$  em torno do eixo  $X_0$  por um ângulo  $\theta_x$ , depois em torno do eixo  $Y_0$  por um ângulo  $\theta_y$ , e finalmente, em torno do eixo  $Z_0$  por um ângulo  $\theta_z$ , representando-o no referencial de saída  ${}^E G$ . De forma análoga, a rotação por Ângulos de Euler chega ao mesmo resultado rotacionando o sistema desejado em torno do seu próprio eixo Z por um ângulo  $\theta_z$ , depois rotacionando o sistema já rotacionado em torno do seu próprio eixo Y por um ângulo  $\theta_y$ , e finalmente, rotacionando de novo o sistema já rotacionado em torno do seu próprio eixo X por um ângulo  $\theta_x$ . A Figura 2 mostra as 3 rotações individuais utilizando os Ângulos de Euler.



**Figura 2** - Rotação de eixos em torno de Z-Y-X Ângulos de Euler. Fonte: Própria (2019).

A matriz de rotação total,  ${}^E_R R_{ZYX}(\theta_z, \theta_y, \theta_x)$ , está apresentada na Equação (1) e foi obtida através da multiplicação das matrizes de rotação individuais na sequência anteriormente escrita. São considerados os acrônimos  $c\theta$  e  $s\theta$  para  $\cos(\theta)$  e  $\sin(\theta)$ , respectivamente.

$${}^E_R R_{ZYX}(\theta_z, \theta_y, \theta_x) = R_Z(\theta_z) \cdot R_Y(\theta_y) \cdot R_X(\theta_x)$$

$${}^E_R R_{ZYX}(\theta_z, \theta_y, \theta_x) = \begin{bmatrix} c\theta_z & -s\theta_z & 0 \\ s\theta_z & c\theta_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} c\theta_y & 0 & s\theta_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -s\theta_y & 0 & c\theta_y \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c\theta_x & -s\theta_x \\ 0 & s\theta_x & c\theta_x \end{bmatrix} \quad (1)$$

$${}^E_R R_{ZYX}(\theta_z, \theta_y, \theta_x) = \begin{bmatrix} c\theta_z c\theta_y & c\theta_z s\theta_y s\theta_x - s\theta_z c\theta_x & c\theta_z s\theta_y c\theta_x + s\theta_z s\theta_x \\ s\theta_z c\theta_y & s\theta_z s\theta_y s\theta_x + c\theta_z c\theta_x & s\theta_z s\theta_y c\theta_x - c\theta_z s\theta_x \\ -s\theta_y & c\theta_y s\theta_x & c\theta_y c\theta_x \end{bmatrix}$$

Logo, a rotação dos eixos coordenados do rotor para os eixos coordenados do estator pode ser feita de acordo com a Equação (2).

$${}^E_G = {}^E_R R_{ZYX}(\theta_z, \theta_y, \theta_x) \cdot {}^R_G \quad (2)$$

## 2.1. Taxa de amostragem

O Teorema de Nyquist-Shannon, apresentado na Equação (3), diz que a frequência de amostragem,  $\Omega_s$ , deve ser maior que duas vezes a maior frequência do sistema,  $\Omega_{max}$ , para que não haja *aliasing* do sinal. O subscrito *s* remete a palavra *sampling* do inglês que significa amostragem e  $\Omega = 2\pi f$  rad/s.

$$\Omega_s > 2 * \Omega_{max} \quad (3)$$

## 3. MÉTODOS E RESULTADOS

É necessário encontrar os ângulos  $\theta_z$ ,  $\theta_y$  e  $\theta_x$  definidos no tópico 2.1 que possibilitem tal rotação, porém existem infinitas soluções para o problema e uma forma analítica que seleciona uma tríade de ângulos não é possível. Opta-se, então, no uso de simulações computacionais, pois são boas alternativas à problemas com grau de complexidade analítica inviáveis ou inexistentes, porém deve-se atentar ao tempo total de simulação, aos erros gerados pela discretização dos valores e ao passo escolhido nos laços de iteração.

De acordo com Minette *et al.* (2016), o motor da BCSS é alimentado com frequências que variam entre  $30 \text{ Hz} \leq f \leq 62 \text{ Hz}$ . Considerando a frequência de operação igual a 62 Hz, caso este em que se deseja produção máxima (quanto maior a frequência de alimentação, maior a velocidade de rotação do motor, maior a vazão de fluido bombeado e, conseqüentemente, maior a produção de petróleo), a frequência de amostragem dos sinais dos acelerômetros deve ser, de acordo com a Equação (3),  $f_s > 2 * 62 \text{ Hz} = 124 \text{ Hz}$ , ou seja, o tempo de amostragem é  $T_s = 1/f_s < 8,064 \text{ ms}$ .

Como é de interesse a construção de soluções que corrijam a vibração em projetos futuros dentro dos 8 milissegundos, o sistema deve coletar os dados de sensores, realizar processamento das

malhas controle e atuar sobre o sistema, ou seja, o tempo para encontrar os ângulos  $\theta_z$ ,  $\theta_y$  e  $\theta_x$  deve ser uma parcela do tempo definido anteriormente.

Como o tempo de processamento é uma variável importante para a aplicação, o programa foi construído na linguagem C, executado sem nenhuma interface gráfica e utilizando um sistema operacional Linux. Com o acelerômetro de resolução 15 bits (3 casas decimais) de um celular foram coletados os dados de 3 possíveis posições do rotor e estator para testes iniciais de simulação, apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Conjunto de dados de teste dos acelerômetros (em gravidades,  $g$ ).

	$X_E$	$Y_E$	$Z_E$	$X_R$	$Y_R$	$Z_R$
Teste 1	-0.003	0.040	0.999	-0.127	-0.012	0.994
Teste 2	-0.001	0.041	0.999	-0.129	-0.017	0.990
Teste 3	-0.005	0.038	1.001	-0.126	-0.011	0.994

Os 3 ângulos são variados dentro de laços *while*, o que requer inicialmente um código de ordem cúbica ( $n^3$ ). Um algoritmo com tal característica tem tempo de processamento extremamente alto para a aplicação aqui desenvolvida, mesmo se selecionado passos grandes de simulação que, consequentemente, geram erros consideráveis.

A cada iteração dos ângulos  $\theta_z$ ,  $\theta_y$  e  $\theta_x$  é calculado a rotação do vetor gravidade do rotor, localizado no ponto  $(X_R, Y_R, Z_R)$ , e então comparado com o ponto que se quer chegar do estator  $(X_E, Y_E, Z_E)$ . Os erros gerados pela simulação em cada uma das coordenadas podem ser obtidos através da Equação (4), que representa o erro normalizado.

$$Erro = \left| \frac{Valor Real - Valor Calculado}{Valor Real} \right| \quad (4)$$

Como mencionado anteriormente, é possível definir a rotação de qualquer objeto tridimensional através de 3 rotações sucessivas em Ângulos Fixos ou Ângulos de Euler, porém na análise da rotação do rotor é necessário conhecer e definir somente a área de seção transversal desse componente, ou seja, não há a necessidade de considerar o comprimento axial do rotor. Logo, a área de seção transversal é definida completamente em duas dimensões, sendo possível simplificar a análise considerando apenas 2 rotações, reduzindo para quadrática ( $n^2$ ) a ordem de processamento do algoritmo. Mesmo com tal simplificação, ainda é demandado grande tempo de processamento e os erros de simulação continuam razoavelmente altos.

Analisando a matriz de rotação total com a restrição imposta de apenas 2 rotações, se for escolhido  $\theta_x = 0$ , ou seja, não será rotacionado o eixo X, a Equação (1) se resume na Equação (5).

$${}^E_R{}_{ZYX}(\theta_z, \theta_y, \theta_x) = \begin{bmatrix} c\theta_z c\theta_y & s\theta_z & c\theta_z s\theta_y \\ s\theta_z c\theta_y & c\theta_z & s\theta_z s\theta_y \\ -s\theta_y & 0 & c\theta_y \end{bmatrix} \quad (5)$$

A Equação (2) está reescrita na forma da Equação (6), em que  ${}^E_R E$  é o erro devido aos valores  $\theta_z$ ,  $\theta_y$  e  $\theta_x$  escolhidos.

$${}^E_R E = {}^E_R G - {}^E_R R_{ZYX}(\theta_z, \theta_y, \theta_x) \cdot {}^R_G \quad (6)$$

Aplicando a Equação (5) em (6) e reescrevendo de forma não matricial, obtém-se as Equações (7), (8) e (9), que são, respectivamente, os erros de rotação nos eixos X, Y e Z.

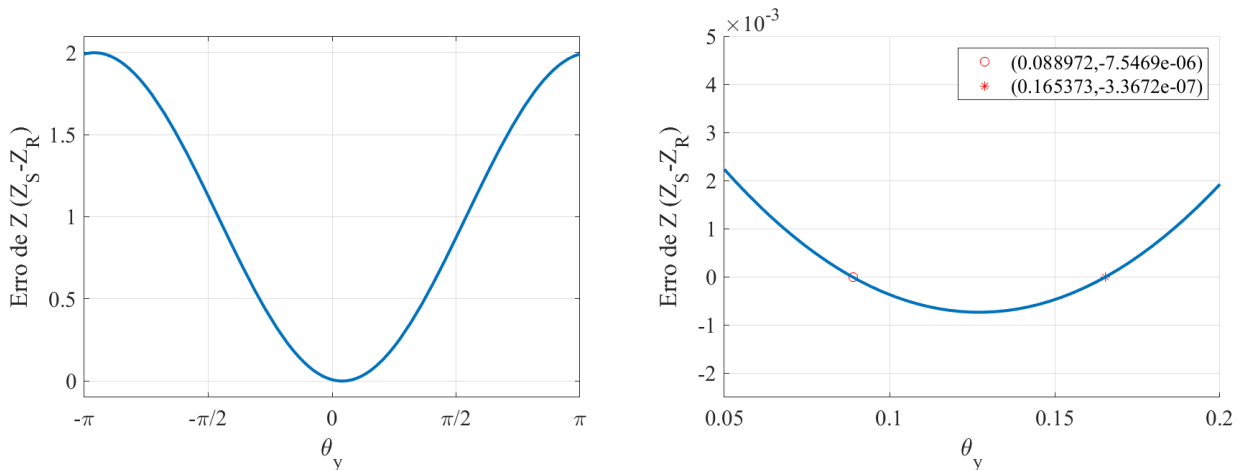
$$E_X = X_E - (c\theta_z c\theta_y X_R - s\theta_z Y_R + c\theta_z s\theta_y Z_R) \quad (7)$$

$$E_Y = Y_E - (s\theta_z c\theta_y X_R + c\theta_z Y_R + s\theta_z s\theta_y Z_R) \quad (8)$$

$$E_Z = Z_E - (-s\theta_y X_R - 0Y_R + c\theta_y Z_R) \quad (9)$$

A Equação (9) alinha os eixos  $Z_E$  e  $Z'_R$  e é resolvida encontrando o ângulo  $\theta_y$  que aproxime ao máximo o erro  $E_Z = Z_E - Z'_R$  de zero. Para os dados do Teste 1 da Tabela 1, a Figura 3 representa o erro  $E_Z$  em função do ângulo  $\theta_y$  e as duas soluções encontradas pelo algoritmo. A Figura 3(b) é um zoom da Figura 3(a) onde ocorre a interseção da função com o eixo das abcissas. A função corta em dois pontos o eixo das abcissas, logo há duas possíveis soluções, sendo a primeira ( $\theta_y = 0.088972$  rad) representada pelo círculo e a segunda ( $\theta_y = 0.165373$  rad) representada pelo asterisco. O passo utilizado para encontrar tais soluções foi de 0.024390 graus para o círculo e 0.025000 graus para o asterisco.

Após encontrar  $\theta_y$ , a Equação (7) alinha os eixos  $X_E$  e  $X'_R$  e a Equação (8) alinha os eixos  $Y_E$  e  $Y'_R$ , ambas selecionando o ângulo  $\theta_z$  que aproxime ao máximo os erros  $E_X = X_E - X'_R$  e  $E_Y = Y_E - Y'_R$  de zero. A solução continua inviável analiticamente, porém a ordem do algoritmo se reduz à  $2n$ , devido a um laço para encontrar  $\theta_y$  e a outro para  $\theta_z$ .

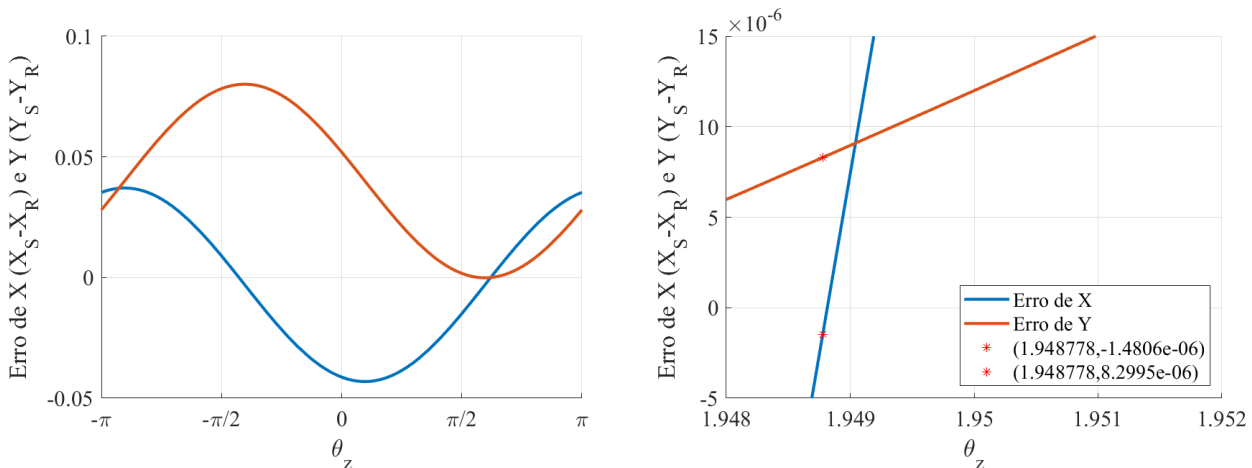


**Figura 3** - Erro  $E_Z$  em função de  $\theta_y$ . (a)  $-\pi \leq \theta_y \leq \pi$ . (b) Soluções encontradas. Fonte: Própria (2019).

Para o passo de 0.025000 graus, que gerou  $\theta_y = 0.088972$  rad, a Figura 4 representa os erros  $E_X$  e  $E_Y$  em função do ângulo  $\theta_z$  e a solução encontrada pelo algoritmo. A Figura 4(b) é um zoom da Figura 4(a) o mais próximo do cruzamento de ambas funções com o eixo das abcissas. A mesma



solução que reduz tanto o erro  $E_X$  quanto o erro  $E_Y$  o mais próximo de zero é  $\theta_z = 1.948778$  rad e está representada pelos asteriscos no gráfico.

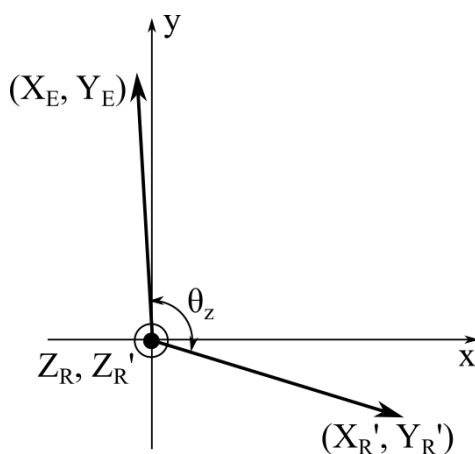


**Figura 4** - Erros  $E_X$  e  $E_Y$  em função de  $\theta_z$ . (a)  $-\pi \leq \theta_z \leq \pi$ . (b) Soluções encontradas. Fonte: Própria (2019).

Foi obtida uma redução significativa no tempo de processamento, simplificando o algoritmo de ordem cúbica ( $n^3$ ) para outro de primeira ordem ( $2n$ ). Analisando a construção física do motor, não é possível que o rotor esteja desbalanceado com grandes valores de  $\theta_y$ , ou seja, pelo *gap* de ar entre estator e rotor ser muito pequeno pode-se limitar a variação do ângulo  $\theta_y$  em  $\pm 20$  graus apenas, eliminando a necessidade de percorrer todos os 360 graus. Esse limite imposto foi selecionado arbitrariamente, imaginando um desbalanceamento exagerado e até inexistente do sistema.

Ainda é possível reduzir consideravelmente os limites de rotação de  $\theta_z$  através da trigonometria. Considerando a rotação do eixo Y pelo ângulo  $\theta_y$ , obtém-se as coordenadas do rotor  $[X'_R \ Y'_R \ Z'_R]^T = {}^E_R R_{ZYX}(0, \theta_y, 0) \cdot [X_R \ Y_R \ Z_R]^T = [0.0383 \ -0.0120 \ 0.9992]^T$ , representadas na Figura 5, juntamente com as coordenadas do estator  $[X_E \ Y_E \ Z_E]^T = [-0.0030 \ 0.0400 \ 0.9992]^T$ . Como afirmado anteriormente e confirmado pelas coordenadas acima, os eixos do rotor e do estator estão alinhados, o que permite calcular o ângulo  $\theta_z$  trigonometricamente, sem a necessidade de percorrer todo o círculo. Será percorrido também uma faixa de  $\pm 20$  graus para esse ângulo a fim de compensar possíveis erros de rotação relativos ao passo escolhido no processo.

Após todas as simplificações feitas e limites impostos obtém-se um algoritmo que encontra os ângulos  $\theta_z$ ,  $\theta_y$  e  $\theta_x$  em 0.3 milissegundos e erros abaixo de 1% para o passo de simulação igual a 0.025000 graus. Isso representa um tempo de processamento suficientemente pequeno para a elaboração de soluções de controle da vibração, além de erros muito baixos, aumentando a confiabilidade e exatidão da solução a ser criada. Com os valores  $\theta_z$ ,  $\theta_y$  e  $\theta_x$  e o tempo de amostragem dos dados dos sensores acelerômetros é possível calcular a vibração linear e angular do sistema.



**Figura 5** - Rotação de eixos em torno de Z. Fonte: Própria (2019).

## 5. CONCLUSÕES

A ideia de rotacionar computacionalmente o eixo coordenado do rotor para o estator, definindo para isso os ângulos de rotação  $\theta_z$ ,  $\theta_y$  e  $\theta_x$  em torno de Z, Y e X, respectivamente, mostrou-se viável e eficiente. De posse de tais ângulos é possível calcular a vibração do motor e, então, utilizar técnicas adequadas para corrigi-las ou impedi-las. A metodologia proposta respeita o critério de Nyquist-Shannon garantindo que não haverá *aliasing* e os erros gerados foram muito baixos, mesmo para um passo de simulação pequeno.

Fica proposto para trabalhos futuros implementar métodos de retirada do sinal de aceleração do eixo do rotor, podendo usar para isso soluções RFID ou Bluetooth integrados com sensores acelerômetros, e elaborar soluções de mancais magnéticos, produzindo forças na direção oposta da vibração, ou modelagem de ímãs no próprio motor, anulando o ímã gerado pela componente de sequência negativa.

## 6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo das informações contidas neste artigo.

## REFERÊNCIAS

- BACCARINI, L. M. R. *Detecção e diagnóstico de falhas em motores de indução*. jul. 2005. 207p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) — Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brasil, 2005.
- CRAIG, J. J. *Introduction to Robotics: Mechanics and Control*. 1. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2005.
- MINETTE, R. S. et al. Experimental modal analysis of electrical submersible pumps. In: *Ocean Engineering*, 2016. v. 124, p. 168–179.
- SILVA, L. A. R. et al. Analysis of burn out and random trips at starting of a 2984kW induction motor driving a main blower. In: *IEEE Industry Application Society Annual Meeting*, Vancouver, BC, 2014. p. 1–5.



SOUZA, T. S. *Continuidade de Operação de Acionamentos Multifásicos Frente a Falhas de Circuito Aberto*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) — Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brasil, 2017.

## VIBRATION CALCULATION IN ELECTRIC MOTORS USING SENSOR ACCELEROMETERS

José Antonio Toledo Júnior <sup>(1)</sup> ([jatoledojunior@gmail.com](mailto:jatoledojunior@gmail.com)), Leonardo Adolpho Rodrigues da Silva <sup>(1)</sup> ([leonardo@ufsj.edu.br](mailto:leonardo@ufsj.edu.br))

<sup>(1)</sup> Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) - PPGEL - Praça Frei Orlando, 170, Centro, São João del-Rei, MG, 36307-352

**ABSTRACT:** *Most rotor and stator failures of an induction machine are caused by combinations of thermal, electrical, mechanical and environmental stresses. Vibration induces the movement of zero sequence and negative sequence currents and can cause personnel injury due to step voltage and touch voltage, as well as damage to the motor by the presence of a negative sequence rotating magnetic field that causes the rotor to slip too high, leading to high rotor currents and consequently overheating. In some applications it is necessary to measure both stator and rotor vibration to determine the relative vibration between the two components. This work then proposes the development of a computational methodology to create an algorithm capable of finding the rotor coordinate axis rotation angles to the stator coordinate axis, axes measured by accelerometer sensors. We obtained an algorithm that finds the 3 angles in 0.3 milliseconds and errors below 1% for the simulation step equal to 0.025 degrees. This represents a sufficiently short processing time for the development of vibration control solutions, respecting the Nyquist-Shannon criterion that guarantees no aliasing. With the angles, it is possible to calculate the motor vibration and elaborate adequate solutions to correct or prevent such phenomenon.*

**KEYWORDS:** *Vibration, Electric Motors, Rotation Matrices, Efficient Algorithm.*