

MANUTENÇÃO DE MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS: Motores elétricos e prevenção de quebras

Murilo Henrique da Silva¹; Welinton Gilberto de Assis Silva¹; Victor Molieri de Oliveira^{2,5}; Richard Vieira do Espírito Santo^{3,5}; Mariana Costa Falcão^{4,5*}

¹ Engenheiro Eletricista – FITL/AEMS; ² Graduação em Engenharia Elétrica – UNESP; ³ Esp. em Engenharia de Software – Universidade Estácio de Sá; ⁴ Mestra em Engenharia Elétrica – UNESP; ⁵ Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

* autor correspondente: profmarianafalcao@gmail.com

RESUMO

Nos dias atuais a base do funcionamento de indústrias e fábricas é através de motores elétricos. Ao passar do tempo houve a necessidade de prolongar a vida útil e alcançar a máxima eficiência desses equipamentos. Por meio disto, técnicas de manutenção foram desenvolvidas e são amplamente aplicadas. O artigo trata da importância da manutenção em motores elétricos trifásicos com a finalidade de evitar falhas e mau funcionamento, alcançando a sua máxima eficiência. O objetivo é apresentar métodos de manutenções por meio da utilização de livros, manuais e artigos auxiliando na prática da manutenção e garantindo o funcionamento eficiente dos motores elétricos em sua maioria de indução trifásico. A estratégia de gestão com foco na prevenção de falhas e avarias é cada vez mais adotada por indústrias e fábricas, onde está presente em sua maioria em funcionamento os motores elétricos trifásicos, já que a manutenção corretamente aplicada diminui os custos e aumenta os benefícios necessários a se obter. A norma do fabricante deve ser seguida e antecipada pelo sistema de manutenção preventiva para garantir o funcionamento dos motores elétricos da forma mais eficiente possível. Em resumo, o artigo defende a importância da manutenção de motores elétricos trifásicos e apresenta os melhores métodos para implementá-la, garantindo o bom funcionamento e aumentando sua vida útil. A prática das manutenções corretiva, preventiva e preditiva é vista como estratégia de gestão eficiente para garantir o funcionamento dos motores elétricos.

PALAVRAS-CHAVE: motores de indução trifásicos; manutenção; preventiva; corretiva; preditiva.

1 INTRODUÇÃO

Máquinas elétricas são equipamentos cuja função é converter energia mecânica em elétrica (gerador) ou converter energia elétrica em mecânica (motor). Na prática, quase todos os motores fazem a conversão da energia de uma forma ou outra pela ação de um campo magnético (CHAPMAN, 2013).

O motor elétrico é um dos mais

notórios inventos do homem ao longo de seu desenvolvimento tecnológico. Atualmente, a máquina deve ser de construção simples, custo reduzido, versátil e não poluente; seus princípios de funcionamento, construção e seleção necessitam ser conhecidos para que desempenhe seu papel relevante (WEG, 2005).

Há uma diversidade imensa de motores e para cada tipo é necessária a análise de sua aplicação, para que seja

dimensionado o melhor tipo de motor para determinado funcionamento. Uma breve listagem com os motores existentes está apresentada a seguir, (i) motores de indução (alimentados por tensão CA monofásica ou trifásica, operam por indução. Podem ser síncronos, com velocidade igual à do campo girante, ou assíncronos); (ii) motores de corrente contínua (CC) (caracterizados por serem alimentados em tensão CC, pelo alto torque desenvolvido, além da facilidade e precisão no controle de velocidade); (iii) motores síncronos (alimentados em tensão CA, requerem excitação em tensão CC independente (externa) ou por excitatriz (interna). Podem ter o fator de potência controlado e operam em larga faixa de velocidade, porém com baixo torque de partida); (iv) motores de passo (sua principal característica é pelo controle preciso da rotação. Isso é possível devido os polos do estator serem energizados gradativamente. Como o rotor é projetado de forma dentada, assim que os polos são alimentados, o dente adjacente é atraído); (v) servo motores (apresentam precisão de rotação ainda mais fina. Geralmente são motores CC com controle de rotação em malha fechada); (vi) motor universal (aplicável somente em baixas potências, podendo ser CA ou CC) e (vii) motores lineares (ao invés de produzirem torque (rotação), produzem força linear) (KOSOW, 2005).

O objetivo deste trabalho é descrever o motor de indução trifásico (MIT), as noções básicas sobre os três tipos de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva) e os cuidados suplementares necessários para o funcionamento ideal dos MITs.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi de pesquisa bibliográfica em livros, teses, dissertações artigos científicos, catálogos de empresas renomadas e a plataforma de pesquisa Google Acadêmico. As palavras-chaves utilizadas para a pesquisa foram manutenção preventiva em

motores e benefícios, principais causas de paradas inesperadas de motores elétricos, recomendação do fabricante de motores WEG e tipos de equipamentos para manutenção preventiva de motores.

2 MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICO (MIT)

Os motores elétricos são máquinas capazes de promover a transformação de energia elétrica em mecânica com algumas perdas de energia (GUEDES, 1994). São frequentemente usados nas indústrias, pois são indispensáveis para que as máquinas realizem constantemente suas próprias tarefas específicas. O tipo mais utilizado em processos industriais é o motor de indução trifásico (MIT), pois a maioria dos sistemas atuais de distribuição de energia elétrica é de corrente alternada (CA) (SPAMER, 2009). Apresenta um princípio de funcionamento simples, construção robusta, facilidade na manutenção, baixo custo, simplicidade no controle e boa confiabilidade (GUEDES, 1994).

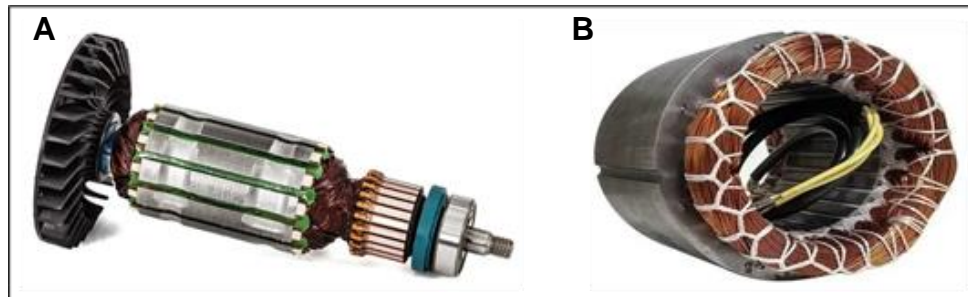
Os MITs são fabricados para uma grande variedade de aplicações, como acionamentos de bombas, compressores, manuseio de cargas, entre outros. É um equipamento amplamente utilizado em processos industriais, principalmente naqueles que envolvem a geração de energia elétrica para fins estruturais e operacionais. Basicamente, é constituído de um rotor (Figura 1A) e um estator (Figura 1B); o primeiro gira no interior do estator a partir de dois campos magnéticos rotativos que converte energia elétrica em energia mecânica para o movimento (ELETROBRÁS, 2009).

A Figura 2 apresenta todos os componentes do MIT, inclusive do rotor e do estator, em perspectiva de corte (Figura 2A) e em imagem explodida (Figura 2B). Os MITs atuam com a aplicação de três fases em seus enrolamentos, estes divididos em duas categorias principais,

assíncronos e síncronos. Os enrolamentos são construídos de forma individual e independente de sua quantidade, são interligados entre si de forma a produzir

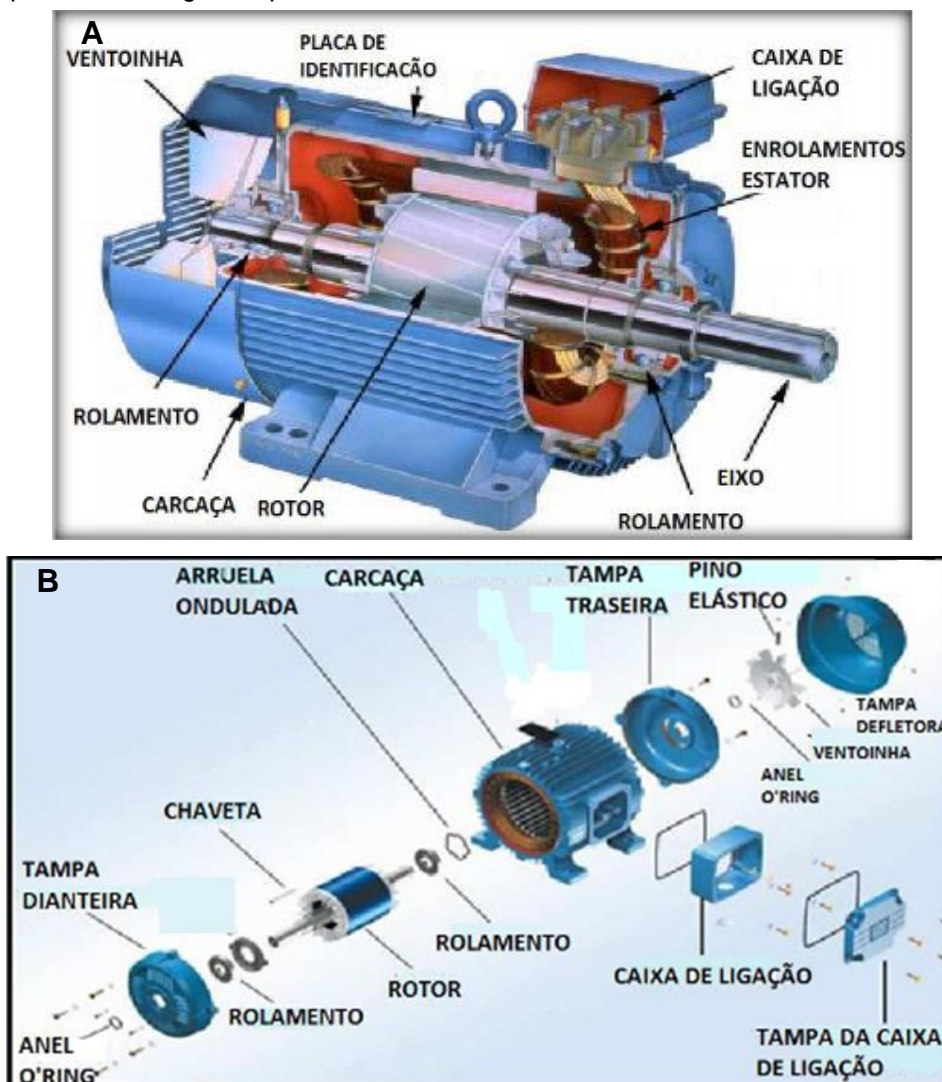
três bobinas distintas que geram as fases A, B e C (PETRUZELLA, 2013; NASCIMENTO JUNIOR, 2006).

Figura 1. Componentes de um motor trifásico. A. Rotor. B. Estator.



Fonte: Extraído de Istock, 2016 (rotor), Tec Gates, 2018 (estator).

Figura 2. Ilustração esquemática dos constituintes dos motores de indução trifásicos. A. Componentes em perspectiva de corte. B. Componentes em perspectiva de imagem explodida.



Fonte: Extraído de Águas, 2013.

Os enrolamentos do estator e do rotor são componentes essenciais do

motor assíncrono. O estator do motor é composto por um conjunto de bobinas, que são ligadas em uma rede trifásica e produzem campo magnético giratório. O rotor, por outro lado, é constituído por barras condutoras de alumínio ou cobre, ligadas por anéis de curto-circuito nas extremidades do rotor. A utilização de materiais de alta resistência térmica, como resinas poliméricas pode melhorar a durabilidade e a eficiência do motor (YAMADA et al., 2021).

O princípio do funcionamento dos MITs é a geração imediata do campo magnético variável com o tempo (após a alimentação do estator) que induz força eletromotriz (FEM) no rotor, que por sua vez gera corrente induzida com tendência a se opor à causa de sua origem; com isso ocorre um torque no rotor que o coloca em movimento (SPAMER 2009). Portanto, existe um acoplamento entre as fases do estator e do rotor que varia de acordo com a sua posição; isto implica em um aumento de complexidade na descrição do comportamento dinâmico do motor de indução. Esse pode ser explicado por um conjunto de equações diferenciais não lineares, utilizado devido ao efeito do acoplamento entre as fases do rotor e do estator, uma vez que depende da posição angular do rotor em relação ao estator. Este efeito torna os coeficientes das equações diferenciais variáveis com o tempo (REIS, 2010; BORDON, 2004).

A velocidade do motor assíncrono é determinada pela diferença entre as velocidades de sincronismo e a rotórica. A primeira é definida como a velocidade do campo magnético giratório produzido pelos enrolamentos do estator enquanto a rotórica é a velocidade real do rotor. A diferença entre essas velocidades é conhecida como escorregamento e é influenciada por diversos fatores, como carga do motor, torque, impedância do estator e tensão aplicada ao motor (SINGH; SHARMA, 2019).

Os pontos relevantes para o

funcionamento adequado do motor são alta qualidade, conhecimento detalhado da aplicação, escolha apropriada do motor para uma aplicação específica e manutenção correta. Entretanto, devido à utilização extensa dos motores na indústria, os mesmos podem ser expostos a diferentes ambientes hostis, desgastes em operações e defeitos de fabricação, o que provocam falhas ou avarias internas ou externas ao conjunto (CHOW, 1997). Dentre estas incluem-se acúmulo de sujeira na carcaça e na tampa do defletor, ressecamento do ventilador com o calor, oxidação das conexões elétricas na caixa de ligação, falta de lubrificação, fadiga dos rolamentos, vedações deterioradas, entre outras. Essas combinações de avarias nos motores podem resultar em diminuição da eficiência, aquecimento do chassi, curto-circuito na caixa de ligação e até mesmo falha do equipamento. Isto causa paradas inesperadas que reduzem a produção, resultam em mais baixa qualidade do produto e incorrem em custos de manutenção não planejados. Deste modo, faz-se necessária a manutenção contínua, uma vez que o motor deve estar totalmente operante (GUIMARÃES, 2018; SOTO FILHOS, 2008).

Os sistemas de detecção de falhas e diagnósticos são temas de preocupações e necessidades para as aplicações industriais a partir de questões como período de operação do sistema, confiabilidade, custo efetivo de operação, monitoramento, requisitos de prevenção e manutenção (CHOW, 1992).

Um programa de manutenção deve englobar várias técnicas de monitoramento das condições das máquinas rotativas. No entanto, essas técnicas requerem conhecimentos específicos e conseqüentemente, apresentam dificuldades às suas aplicações práticas (SPAMER, 2009).

2 TIPOS DE MANUTENÇÕES EM MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICO

A prevenção de falhas é realizada por estratégias de manutenção para o aumento da disponibilidade dos equipamentos, assim aprimorar resultados e melhorar os processos produtivos (XAVIER, 2003).

A NBR 5462-1994 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define três diferentes tipos de manutenção, corretiva, preventiva e preditiva. A manutenção corretiva é efetuada após a ocorrência de quebra ou mal funcionamento de um equipamento, destinada a recolocar um item em más condições de executar uma função requerida. A manutenção preventiva é um conjunto de ações que visam prevenir a quebra, está baseada em intervenções periódicas, geralmente programadas segundo a frequência definida pelos fabricantes dos equipamentos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. A manutenção preditiva se caracteriza pelas análises e monitoramento contínuo de variáveis da máquina, que possam gerar uma eventual falha (ABNT, 1994).

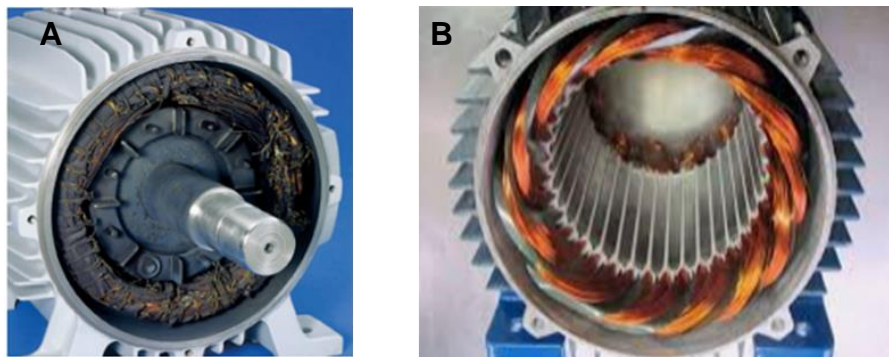
3.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva em motores elétricos geralmente é realizada após

a falha, parada ou pane do motor devido a alguma peça irregular com mal funcionamento atual (e possivelmente no futuro) e envolve a substituição ou reparo de componentes danificados, pode ser não planejada e planejada (DHILLON, 2002). A manutenção corretiva pode aumentar o tempo de inatividade e reduzir a vida útil do motor. Conseqüentemente, grande parte do esforço de manutenção em geral é desperdiçada na execução da manutenção corretiva (DHILLON, 2002). No entanto, em situações em que a manutenção preventiva não é possível, a corretiva é essencial para manter a operação do motor (CARACCILO et al., 2021; RODRIGUES, 2018; BRANCO-FILHO 2006).

Um exemplo comum e explicativo é o procedimento imediato da manutenção corretiva após a parada inesperada da máquina acionada por um motor elétrico. Assim, é necessário intervir no motor avariado (Figura 3A) e substituí-lo o mais rapidamente possível para evitar mais perdas de produção e custos elevados. Como na maioria das vezes não há motores reservas em almoxarifado, é realizado o rebobinamento do motor (Figura 3B) que leva a um transtorno maior.

Figura 3. Utilização inadequada de equipamentos. A. Motor queimado. B. Motor rebobinado.



Fonte: Extraído de Manual WEG, s.d.

Tal circunstância ocorre devido ao uso do equipamento até a quebra; nestes casos, há necessidade de reparo ou substituição por outro equipamento. Esse tipo

de manutenção é normalmente utilizado por indústrias que empregam máquinas de baixo custo e equipamentos de reserva. Como não há vantagens do ponto

de vista econômico ou de segurança em saber quando uma falha pode ocorrer, o monitoramento do equipamento não é benéfico.

3.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva, baseada em uma interpretação histórica de dados, é realizada para manter um equipamento em condições satisfatórias de operação por meio de inspeções sistemáticas, ou seja, com intervalos fixados de tempo. Esse tipo de manutenção planejada oferece uma série de vantagens para uma indústria, quando comparada com a corretiva, utilizada normalmente em equipamentos que afetam a qualidade final de um produto, segurança e o meio ambiente (KARDEC; JOUBERT; SEIXAS, 2002). A determinação dos intervalos de tempo é um dos segredos para a realização da manutenção preventiva eficiente. Intervalos menores do que os necessários implicam em paradas e trocas de peças desnecessárias (XAVIER, 2003).

A manutenção preventiva é destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Tem por objetivo diminuir ou zerrar a probabilidade de falhas de equipamentos, por meio de manutenções como limpezas, inspeções, lubrificações e trocas de componentes, em períodos de tempos definidos (SILVA, 2018). Sua execução pode ser realizada com os equipamentos em operação, dentro de suas especificações e é efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos (BRANCO FILHO, 2006; ABNT, 1994).

A manutenção preventiva pode ser descrita como as atividades de manutenção que tem a finalidade de manter o equipamento e as instalações em um estado satisfatório para a produção (SULLIVAN et al., 2004).

Ao contrário da manutenção corretiva, a manutenção preventiva busca obstinadamente evitar a ocorrência da

falha. Em setores como a aviação, a manutenção preventiva é indiscutível, pois o fator de segurança sobrepõe aos demais (PINTO; XAVIER, 2012).

Figura 4. Ponto de lubrificação.



Fonte: Extraído de Manual WEG, s.d.

Dentre os principais itens da manutenção preventiva está a lubrificação; as partes móveis (rolamentos e engrenagens) precisam ser lubrificadas regularmente, para que não sofram um desgaste prematuro. A Figura 4 apresenta um exemplo de pontos de lubrificação no exterior do MIT. A quantidade certa de graxa é um aspecto importante de uma boa lubrificação e deve ser realizada em intervalos especificados na placa de identificação. Para uma lubrificação inicial eficaz em um mancal, é necessário respeitar o manual de instruções do motor e/ou a tabela de lubrificação. Na ausência desta informação, o mancal deve ser lubrificado até a metade de seu espaço vazio. Durante a execução destas operações, recomenda-se o máximo de limpeza para evitar qualquer entrada de sujeira que possa danificar o mancal (SOTO FILHOS, 2008).

3.3 Manutenção preditiva

O termo manutenção preditivo remete a prever, pois nesse tipo de manutenção o foco está em monitorar a condição real de desgaste das peças e intervir no momento anterior a sua quebra, isto leva à utilização total do componente, minimiza os custos em relação às

manutenções anteriores apresentadas (VIANA, 2002).

A manutenção preditiva em motores elétricos envolve o uso de técnicas de monitoramento, como análise de vibração, termografia e análise de óleo, para identificar sinais de falhas iminentes

e agendar a manutenção corretiva antes que a falha ocorra. Esta manutenção pode reduzir o tempo de inatividade do motor em até 60% e aumentar a eficiência energética em até 15% (WANI et al., 2020).

Figura 5. Equipamentos utilizados para a realização da manutenção preditiva.

A. Aparelho de ultrassom industrial. B. Câmera termográfica.



Fonte: A. Extraído de SUL, RPM, s.d. B. Extraído de Fluke, s.d.

Sua atuação é realizada com base em modificação de parâmetros de condições ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. É a primeira grande quebra de paradigma, pois quanto mais desenvolve o conhecimento tecnológico e os equipamentos de monitoração, melhores são os resultados e mais confiáveis para as tomadas de decisões. A adoção de técnicas preditivas privilegia a disponibilidade, pois as medições e verificações são realizadas com o equipamento em operação, não há necessidade de sua parada para inspeções visuais ou mesmo desmontagem para medições (PINTO; XAVIER, 2012).

Geralmente, a execução da manutenção preditiva é realizada por meio de

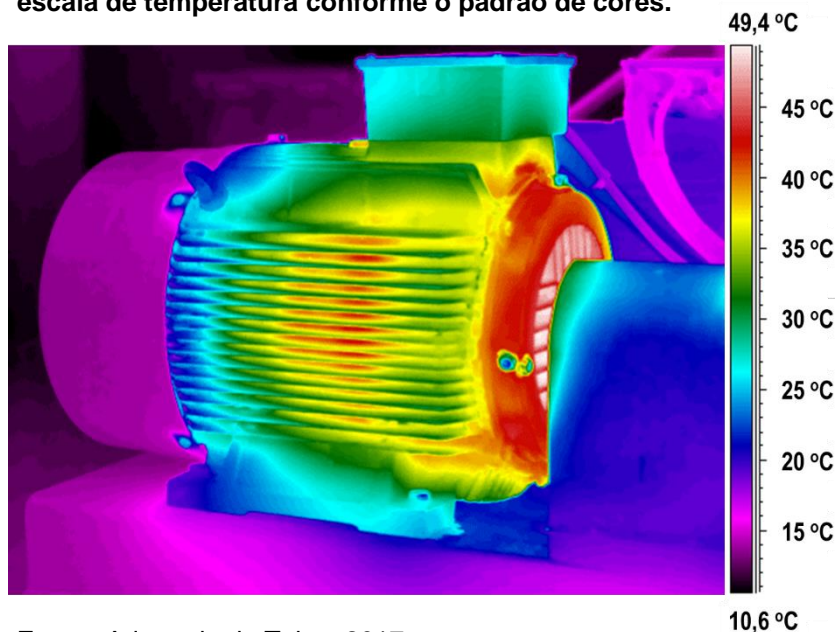
técnicas e equipamentos para se monitorar a vibração e a temperatura do motor (Figura 5). A Figura 5A apresenta o monitoramento do som conforme a vibração do motor com a utilização de um aparelho de ultrassom industrial, enquanto a Figura 5B, a câmera termográfica para se obter as medidas de temperatura em diferentes pontos do motor.

O monitoramento permite o reconhecimento de áreas com temperaturas anormalmente altas que podem indicar problemas como sobrecarga, desalinhamento, mau funcionamento do rolamento ou problemas de isolamento. Este procedimento deve ser executado por profissionais especializado e qualificado e seguindo normas específicas. Os programas de manutenção preditiva são

baseados no estado real do equipamento e na determinação de quando se deve realizar a sua execução para minimizar os custos (TELES, 2017). A Figura

6 apresenta a imagem do motor monitorado pela câmera termográfica com o padrão de cores conforme a temperatura.

Figura 6. Imagem do motor com a câmera termográfica com a escala de temperatura conforme o padrão de cores.



Fonte: Adaptado de Teles, 2017.

3.4 Recomendações do fabricante de motores

Os componentes móveis do motor, como os rolamentos, devem ser lubrificados regularmente para garantir um bom desempenho e evitar o desgaste excessivo. O manual do fabricante aponta a frequência de suplementação necessária para se obter o objetivo que é maximizar a vida útil do sistema de mancais. A manutenção inclui a verificação do estado geral em que se encontram os mancais, lubrificação e limpeza, e um exame mais minucioso dos rolamentos (SOTO FILHOS, 2008).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção em motores de indução trifásicos é essencial para garantir o funcionamento correto e prolongar a vida útil desses equipamentos. A manutenção é um conjunto de ações que visam prevenir falhas e reduzir a probabilidade de quebras e paradas inesperadas nos

motores.

Existem vários tipos de manutenções que podem ser aplicados em motores de indução trifásicos, incluindo a manutenção corretiva, a manutenção preditiva e a manutenção preventiva.

É importante tomar precauções durante o uso dos motores de indução trifásicos, como evitar sobrecargas, manter a temperatura de operação dentro dos limites recomendados, evitar vibrações excessivas e utilizar equipamentos de proteção adequados, como fusíveis e disjuntores.

A aplicação correta dos diferentes tipos de manutenção e das precauções necessárias pode ajudar a prolongar a vida útil dos motores, reduzir os custos com reparos e substituições, aumento da eficiência energética, prolongamento da vida útil dos equipamentos e aumento da produtividade. Portanto, é fundamental que as empresas realizem as manutenções de forma regular e planejada, utilizando técnicas adequadas e seguindo

as recomendações dos fabricantes dos motores. Dessa forma, é possível garantir a operação confiável dos motores de indução trifásicos e evitar paradas inesperadas que podem comprometer a produção e os resultados financeiros da empresa.

REFERÊNCIAS

ÁGUAS, A. G. Otimização de um sistema online de detecção de falhas em motores de indução. 2013. 125 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013. Disponível em: <<https://run.unl.pt/handle/10362/10996>>. Acesso em: 02 maio 2023.

ALMEIDA, M. de. Estudo de viabilidade técnica para substituição de motores elétricos a partir de proposta de método alternativo na determinação do carregamento. 2006. 98 f. Monografia (Especialização). Curso de Especialização em Eficiência Energética Na Indústria, Departamento de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

ALMEIDA, M. T. de. Manutenção preditiva: Confiabilidade e qualidade. 2016. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

AZEVEDO-JUNIOR, G. M. et al. Estudo sobre a manutenção preditiva em motores trifásicos através da análise de vibrações. *Projectus*, v. 1, n. 4, p. 70-83, 2017.

BRANCO-FILHO, G. Indicadores e Índices de Manutenção. Rio de Janeiro:

Editora Ciência Moderna Ltda., 2006.

BORDON, M. E. Controlador nebuloso de arquitetura simplificada a estudo de caso: Acionamento de Motor de Indução Trifásico, Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 2004.

CARACCILO, R. et al. Maintenance and Reliability of Electric Motors: A Systematic Review. *Applied Sciences*, v. 11, n. 2, p. 592, jan. 2021.

CHAPMAN, S. J. Fundamentos de máquinas elétricas. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 1 p. ISBN 978-85-8055.

CHOW, Mo-yuen. Design considerations for a motor fault detection artificial neural network, *Industrial Electronics, Control, Instrumentation, and Automation*, v. 3, p. 1455-1459, 1992.

CHOW, Mo-yuen. Knowledge based technique to enhance the performance of neural network based motor fault detectors, *Industrial Electronics, Control and Instrumentation*, v. 3, p. 1113-1118, 1997.

CORRÊA, R.; DIAS, A. Modelagem matemática para otimização de periodicidade nos planos de manutenção preventiva. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 23, n. 2, p. 267-278, 2016.

ELETROBRÁS. Motor elétrico. In: Metodologia de realização de diagnóstico energético: Guia básico. Brasília: IEL/NC, 2009.

GUEDES, M. V. O motor de indução trifásico. Porto: DEEC, p. 1-104, 1994.

GUIMARÃES, H. O. Acionamento de motores elétricos. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

MORAIS, C. L.; MARQUES, L. P. F.; BELLINOVSKI, L. F. A. da S. Estudo e

implementação de um plano de manutenção preventiva para motores elétricos assíncronos trifásicos com equipamento fora de serviço. 2017. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

MUNHOZ, L. E. et al. Manutenção preditiva e suas vantagens. SITEFA-Simpósio de Tecnologia da Fatec Sertãozinho, v. 4, n. 1, p. 142-157, 2021.

NASCIMENTO-JUNIOR, G. C. do. Máquinas elétricas: teorias e ensaios. 1. ed. São Paulo: Érica, 2006.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Revista Gestão Industrial, v. 4, n. 2, p. 1-16, 2008.

PEREIRA, M. J. Engenharia de Manutenção, Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2011.

PIECHNICKI, A. S. Metodologias para implantação e desenvolvimento de sistemas de gestão da manutenção: as melhores práticas. 2012.

PINTO, A. K.; LAFRAIA, J. R. Gestão Estratégica e Confiabilidade. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. de A. N. Manutenção: Função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. de A. N. Manutenção: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

REIS, A. J. S. Reconhecimento de padrões de falhas em motores trifásicos utilizando redes neurais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2010.

RODRIGUES, G. Manutenção preditiva, preventiva e corretiva: entenda a diferença entre elas! 2018. Disponível em: <<https://www.blog.auvo.com/post/manutencao-preditiva-preventiva-e-corretiva>>. Acesso em: 11 jun. 2021.

SANTOS, J. G. R. dos. A Utilização de sensores de monitoramento online como estratégia de manutenção preditiva de motores de indução. 2021.

SILVA, J. L. P. et al. Análise dos tipos de manutenção em motores de indução trifásicos. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 5, n. 9, p. 1-10, 2020.

SILVA, R. M. K. Bancada didática para manutenção preditiva utilizando análise de vibrações. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

SILVA, S. A. C. Análise de custos de manutenção e diagnósticos de falhas em motores de indução trifásicos. 2022.

SINGH, J.; SHARMA, A. Study of Effect of Load on the Performance of Induction Motor. International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), p. 380-385, Madurai, India, jun. 2019.

SOTO-FILHOS. Manual de Manutenção. 2008. Disponível em: <http://www.sotofilhos.com.br/manuais/manual_motores_ac-manut.pdf>. Acesso em: 25 maio 2023.

SPAMER, F. R. Técnicas Preditivas de Manutenção de Máquinas Rotativas. 2009. 254 f. Monografia (Engenheiro Eletricista) - Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2009.

SUL, R. P. M. Ultrassom Manutenção Preditiva Preços Ortigueira -

Manutenção Preditiva na Indústria - RPM Sul - Soluções em Manutenção Preditiva. RPM Sul - Soluções em Manutenção Preditiva. Disponível em: <<https://www.rpmsul.com.br/analises-de-vibracao/manutencoes-preditivas/manutencao-preditiva-na-industria/ultrassom-manutencao-preditiva-precos-ortigueira>>. Acesso em: 8 jun. 2023.

SULLIVAN, G. P. et al. Operations & Maintenance Best Practices A Guide to Achieving Operational Efficiency. Pacific Northwest National Laboratory for the Federal Energy Management Program. 2004.

TASSIRO, W. A. O impacto da disponibilidade de máquina em uma linha de produção industrial: um estudo de caso. Engenharia de Produção-Pedra Branca, 2017.

TELES, J. O que é Manutenção Preditiva? | ENGETELES - Engenharia de Manutenção, 2017 ENGETELES. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/manutencao-preditiva/>>. Acesso em: 08 jun. 2023.

VIANA, H. R. G. Planejamento e controle

de manutenção (PCM). Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

WANI, M. F.; QAZI, N. A.; MIR, M. A. Predictive maintenance for industrial electric motors: A comprehensive review. Reliability Engineering & System Safety, v. 194, 106989, jan. 2020.

WEG. Manual Motores de Indução Trifásicos. 2018. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-iom-general-manual-of-electric-motors-manual-general-de-iom-de-motores-electricos-manual-geral-de-iom-de-motores-electricos-50033244-manual-english.pdf>>. Acesso em: 26 maio 2023.

XAVIER, J. N. Manutenção: tipos e tendências. 2003. Disponível em: <<http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaotiposetendencias.zip>>. Acesso em: 28 nov. 2022.

YAMADA, K. et al. Development of High Thermal Resistance Resin for Coil Insulation of High-Output Induction Motor. IEEE Transactions on Industrial Electronics, v. 68, n. 1, p. 88-97, jan. 2021.