



Universidade Federal de Itajubá

Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

TÉCNICAS DE ANÁLISE PREDITIVA PARA FALHAS ELÉTRICAS EM MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Itajubá
para a obtenção do grau de Mestre
em Ciências em Engenharia

Frederico de Oliveira Assunção

Itajubá, Março de 2006

Frederico de Oliveira Assunção

TÉCNICAS DE ANÁLISE PREDITIVA PARA FALHAS ELÉTRICAS EM MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Itajubá
para a obtenção do grau de Mestre
em Ciências em Engenharia

Área de Concentração:
Automação e Sistemas Elétricos
Industriais

Orientador:
Luiz Eduardo Borges da Silva

Co-orientador:
Germano Lambert Torres

Itajubá, Março de 2006

Sumário

Agradecimentos	Erro! Indicador não definido.
Sumário	3
Resumo	5
Abstract	Erro! Indicador não definido.
Lista de Figuras	Erro! Indicador não definido.
Lista de Tabelas	Erro! Indicador não definido.
Glossário	Erro! Indicador não definido.
CAPÍTULO 1	Erro! Indicador não definido.
INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.
1.1 _ Considerações Iniciais.....	Erro! Indicador não definido.
1.2 _ Objetivo.....	Erro! Indicador não definido.
1.3 _ Motivação	Erro! Indicador não definido.
1.4 _ Organização da Dissertação	Erro! Indicador não definido.
CAPÍTULO 2	Erro! Indicador não definido.
TÉCNICAS DE ANÁLISE PREDITIVA DE FALHAS ELÉTRICAS EM MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICOS	Erro! Indicador não definido.
2.1 _ Introdução.....	Erro! Indicador não definido.
2.2 _ MCSA	Erro! Indicador não definido.
2.3 _ EPVA	Erro! Indicador não definido.
2.4 _ Análise da impedância de seqüência negativa.....	Erro! Indicador não definido.
2.4.1_ Componentes Simétricas.....	Erro! Indicador não definido.
2.4.2_ Impedância de seqüência negativa	Erro! Indicador não definido.
2.5 _ Falhas Elétricas em motores de indução.....	Erro! Indicador não definido.
2.5.1_ Falhas no estator	Erro! Indicador não definido.
2.5.1.1_ Aterramento	Erro! Indicador não definido.
2.5.1.2_ Falha no isolamento – Curto-circuito interno ..	Erro! Indicador não definido.
2.5.1.3_ Queima generalizada.....	Erro! Indicador não definido.
2.5.1.4_ Queima de uma ou duas fases – Falta de fase	Erro! Indicador não definido.
2.5.1.5_ Queima de uma ou duas fases – Tensões desbalanceadas	Erro! Indicador não definido.
CAPÍTULO 3	Erro! Indicador não definido.
O SISTEMA DE MONITORAÇÃO PROPOSTO	Erro! Indicador não definido.
3.1 _ Introdução.....	Erro! Indicador não definido.
3.2 _ O Sistema de Monitoração	Erro! Indicador não definido.
3.2.1 _ Os Transdutores	Erro! Indicador não definido.
3.2.2 _ O Circuito de Aquisição de Dados.....	Erro! Indicador não definido.
3.2.3 _ O Processamento Digital do Sinal	Erro! Indicador não definido.
3.3 _ Considerações Finais	Erro! Indicador não definido.
CAPÍTULO 4	Erro! Indicador não definido.
RESULTADOS	Erro! Indicador não definido.
4.1 _ Considerações Iniciais.....	Erro! Indicador não definido.
4.2 _ A Montagem Utilizada em Laboratório	Erro! Indicador não definido.
4.3 _ Identificação de falhas elétricas em MIT por MCSA, EPVA e Cálculo de impedância de seqüência negativa	Erro! Indicador não definido.
4.3.1_ Curto-circuito entre espiras de uma mesma bobina	Erro! Indicador não definido.
4.3.2_ Curto-circuito entre espiras de fases diferentes	Erro! Indicador não definido.
4.3.3_ Desequilíbrio de tensão	Erro! Indicador não definido.

4.3.4_ Perda de fase	Erro! Indicador não definido.
CAPÍTULO 5	Erro! Indicador não definido.
CONCLUSÃO	Erro! Indicador não definido.
5.1 _ Trabalhos futuros.....	Erro! Indicador não definido.
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7

Resumo

Cresce cada vez mais o interesse em se alcançar maior confiabilidade nos processos produtivos. Os motores de indução têm papel importantíssimo em muitos desses processos. Em vista desse crescimento muito tem sido discutido acerca da manutenção preditiva, como solução de garantia de maior vida útil desses motores como também paradas programadas efetivas. Vê-se muito o desenvolvimento de técnicas de manutenção preditiva de motores quanto às falhas mecânicas no ambiente industrial, porém apesar de grande segurança das partes mecânicas, na maioria das vezes tem-se o motor parando de forma não programada por uma falha elétrica.

Na tentativa de oferecer soluções para esses problemas, muitas técnicas de análise preditiva de falhas elétricas foram desenvolvidas e publicadas em muitos artigos e revistas. Todas essas técnicas baseiam-se na análise de dados dos motores como tensão, corrente, fluxos axiais dentre outros, que são medidos constantemente e processados de forma a gerar um indicador da presença ou não de falha, sem a necessidade da parada do motor apresentando também o tipo de falha existente e ainda seu grau de severidade.

O presente trabalho consiste no estudo, aplicação e comparação de três dessas técnicas que são Extend Park's Vector Approach (EPVA), Motor Current Signature Analysis (MCSA) e cálculo da impedância de seqüência negativa a fim de apontar ao final deste as vantagens, desvantagens e condições de aplicação para desenvolvimento de um sistema de monitoração de falhas elétricas envolvendo cada uma delas.

O trabalho compreendeu os estudos das técnicas, desenvolvimento de um sistema de simulação de falhas e aplicação de um sistema de monitoração a partir de cada uma das técnicas, além do estudo de vários tipos de falhas potenciais em motores de indução, suas causas e efeitos, a fim de demonstrar a importância no diagnóstico precoce evitando a rebobinagem do motor ou o descarte deste precocemente. As falhas elétricas têm uma particularidade de evoluir muitas vezes rapidamente, trazendo a combustão em um ponto do estator e logo em seguida em todo o enrolamento e se não controlado pode chegar até mesmo a perda total.

Foram discutidos vários pontos de cada uma das técnicas, como a sua implementação, utilizando ferramentas matemáticas, equacionamentos, formas de identificação de falha a partir de cada uma delas e verificação dos resultados destas mediante a ocorrência de falhas como, curto-circuito entre espiras, curto-circuito entre fases, desequilíbrio de tensão e perda de fase.

Os resultados dos estudos apontam à possibilidade da aplicação das técnicas no diagnóstico das falhas elétricas e ainda observações a serem consideradas para um diagnóstico seguro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Erik Leandro Bonaldi, "Diagnóstico Preditivo de Avarias em Motores de Indução Trifásicos com MCSA e Teoria de Conjuntos Aproximados". Itajubá, UNIFEI 2006.
- [2] Sérgio M. A. Cruz and A. J. Marques Cardoso, "Stator Winding Diagnosis in Three-Phase Synchronous and Asynchronous Motors, by the Extend Park's Vector Approach". IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 37, NO. 5, September/October 2001, pp. 1227-1233.
- [3] Hamid Nejjari and Mohamed El Hachemi Benbouzid, "Monitoring and Diagnosis of Induction Motors Electrical Faults Using a Current Park's Vector Pattern Learning Approach". IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 36, NO. 3, Mayo/June 2000, pp. 730-735.
- [4] Mohamed El Hachemi Benbouzid, Michelle Vieira, and Céline Theys. "Induction Motor's Faults Detection and localization Using Stator Current Advanced Signal Processing Techniques". IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 14, NO. 1, January 1999, pp. 14-22.
- [5] Joseph Sattile and Jeffery L. Kolhler. "An On-line Method to Detect Incipient Failure of Turn Insulation in Random-Wound Motors". IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 8, NO. 4, December 1993, pp. 762-768.
- [6] Lane Maria Rabelo Baccharini. "Detecção e Diagnóstico de Falhas em Motores de Indução". Belo Horizonte, UFMG 2005.
- [7] Antônio T. L. de Almeida, Marcelo E. C. Paulino. "Manutenção e Operação de Motores de Indução Trifásicos". Itajubá, FUPAI 2001.
- [8] MPC Service. "Causas Típicas de Falhas em Enrolamentos de Estatores Trifásicos", <http://www.mpcservice.com.br/paginas/artigo02.htm>.
- [9] Délvio F. Bernardes, Jocélio S. Sá, José M. C. Filho, José P. G. Abreu e Thiago C. Oliveira, "Qualidade da Energia Elétrica". Itajubá, FUPAI 2002
- [10] José Policarpo G. Abreu and Eigeles Emanuel, "Induction motors loss of life due to voltage imbalance and harmonics: a preliminary study" ICHQP Vol. 1, October 2000, pp. 75-80.

- [11] Frederico O. Assunção, Erik L. Bonaldi, Luiz E. B. Silva, Germano L. Torres, André C. Bertolini e Levy E. L. Oliveira, "Classificador Baseado na Teoria de Conjuntos Aproximados Aplicado ao Diagnóstico de Falhas em Motores de Indução Trifásicos Monitorados Através de Sinais Acústicos Elétricos e de Vibração". São Paulo, SBAI 2003.
- [12] Derrnando J. T. E. Ferrreira e Anibal T. Almeida, "Tecnologias de Manutenção Curativa de Motores de Indução Trifásicos de Baixa Tensão com Rotor em Gaiola de Esquilo". Portugal – Coimbra, Universidade de Coimbra.
- [13] Greg C. Stone e Howard G. Sedding, "In-Service Evaluation of Motor and Generator Stator Windings Using Partial Discharge Tests". IEEE Transactions on Industry Applications Vol. 31, NO. 2, March/April 1995, pp. 299-303.
- [14] Voitto Kokko, "Condition Monitoring of Squirrel-Cage Motors By Axial Magnetic Flux Measurements". OULU, Universidade de Oulu 2003.
- [15] Reinhard Maier, "Protection of Squirrel-Cage Induction Motor Utilizing Instantaneous Power and Phase Information". IEEE Transactions on Industry Applications Vol. 28, NO. 2, March/April 1992, pp. 376-380.
- [16] J. S. Hsu, "Monitoring of Defects in Induction Motors Through Air-gap Torque Observation". IEEE Transactions on Industry Applications Vol. 28, March/April 1992, pp. 376-380.
- [17] Bradley S. Payne, "A Head-to-Head Assessment of the Relative Fault Detection and Diagnosis Capabilities of Conventional Vibration and Airborne Acoustic Monitoring". Manchester, Manchester School of Engineering.
- [18] Kliman, G. B., Premerlani, W. J. and Koegl, "A new approach to on-line turn detection in ac motors". IEEE Conference Record, Vol. 1, 1996, pp. 687-693.