

## ANALISE DE CORRENTE ELÉTRICA

### 1. INTRODUÇÃO

A manutenção preditiva tem sido largamente discutida nos últimos anos, e sem dúvida é um procedimento moderno de gerenciamento, que comprovadamente vem diminuindo os custos, bem como melhorando a qualidade do produto fabricado.

As técnicas mais usadas em manutenção preditiva, para o acompanhamento da condição dos elementos que integram os motores elétricos são:

- análise de vibração;
- análise do espectro de corrente.

A *análise do espectro de corrente* é eficaz nos motores de indução CA de gaiola simples ou rotor bobinado. Os resultados mais importantes deste tipo de inspeção em motores elétricos tem sido:

- Maior disponibilidade e vida útil dos motores;
- Menor risco de falhas repentinas;
- Maior confiabilidade no desempenho/rendimentos dos motores;
- Menor custo de estoque de sobressalentes;
- Melhor qualidade operacional com efetiva redução de custos;

A análise do espectro da corrente elétrica em motores de indução assíncronos CA, tem se mostrado uma técnica poderosa e segura para diagnosticar problemas, tais como:

- Barras quebradas em rotores;
- Problemas nas soldas das bobinas de rotores em motores de anéis;
- Desbalanceamento de forças magnéticas (Curto-circuito em enrolamentos ou em lâminas).

Portanto, problemas relacionados ao estator e rotor do motor, uma vez que analisa a condição magnética diretamente na fonte geradora do eventual problema.

Porém, para que os resultados sejam seguros, temos que tomar certas precauções:

- Carga no motor deve ser em torno de 75% da nominal ou maior;
- Em motores de potência superiores a 10 HP, os estudos provam ser mais eficazes;
- A frequência de passagem de pólos deve ser determinada com a maior precisão possível;

Outras limitações:

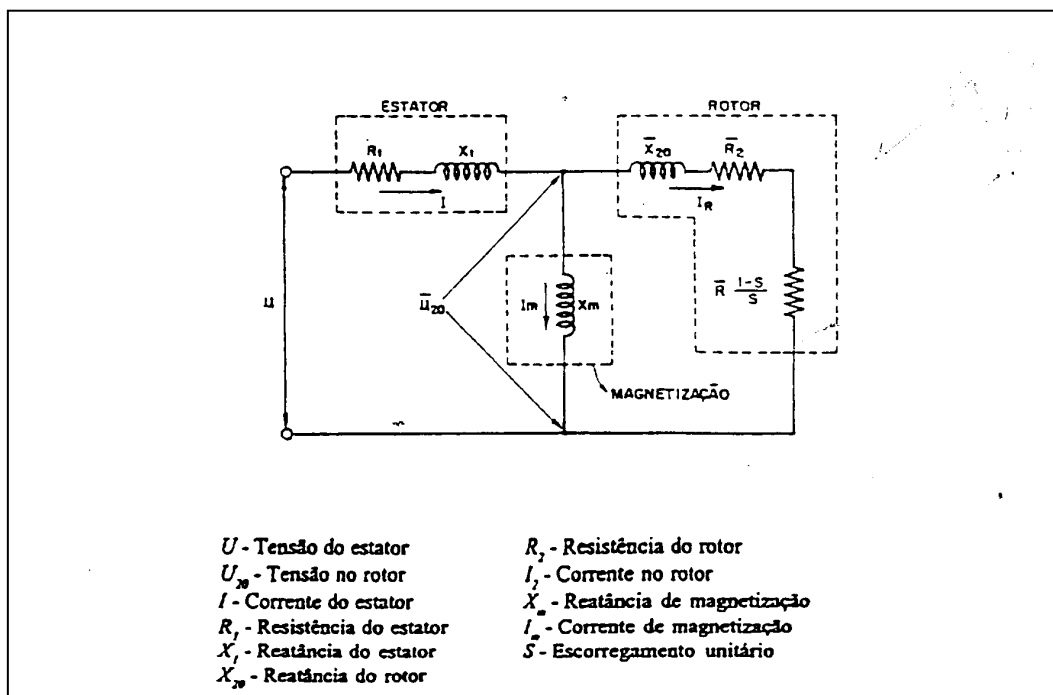
- Efeitos mecânicos podem causar sinais similares a defeitos elétricos em rotores cujas rotações forem inferiores a 75 rpm;
- Esta técnica não proporciona o diagnóstico de defeitos, tais como: Excentricidade estática ou dinâmica;

O sucesso da diagnose de defeitos nestes motores é baseado na combinação das análises de corrente e da vibração na carcaça do motor.

## 2. ANÁLISE DE CORRENTE

Observando o circuito simplificado do motor, como representado na figura abaixo, pode-se concluir que se for mantida a tensão no estator, a corrente no estator será perturbada (modulada) se ocorrer variação em qualquer das impedâncias do circuito.

**Circuito simplificado do motor elétrico**



Pode-se concluir que:

- Problemas no estator, tais como desbalanceamento de forças magnéticas (curto-circuito em enrolamentos ou em lâminas), variam a impedância equivalente do estator, conseqüentemente varia o sinal da corrente no estator;
- Problemas na indução magnética, tais como variação no GAP de ar (folgas desiguais entre estator e rotor), provocados por excentricidade

- do rotor e estator ovalizado, variam a impedância magnética equivalente e conseqüentemente a forma do sinal de corrente no estator;
- c. Problemas no rotor, tais como barras da gaiola quebradas ou trincadas, alteram a impedância equivalente do rotor, conseqüentemente o sinal correspondente à corrente no estator;

Portanto, medindo e analisando oscilações (modulações em torno da frequência fundamental da rede - 60 Hz) na corrente do estator, é possível diagnosticar defeitos nos elementos que integram um motor elétrico. Estas alterações na corrente correspondem ao desequilíbrio nas forças magnéticas dentro do motor, cuja resultante destas forças, pôr sua vez, interage com a estrutura do motor elétrico (carcaça), a qual responde na forma de vibração mecânica.

Baseando-se nestas hipóteses, a análise espectral da vibração na carcaça ou mancais do motor e a análise espectral da corrente no estator são ferramentas poderosas para um programa de manutenção preditiva em motores elétricos.

### 3. CONFIGURAÇÃO PARA AQUISIÇÃO DE DADOS

#### 3.1. Levantar características técnicas das máquinas:

- Tipo de motor (anel, gaiola, etc.);
- Potência do motor;
- Corrente nominal;
- Rotação nominal;
- Frequência da rede;
- Tensão nominal;
- Rolamentos do motor;
- Número de ranhuras do estator;
- Número de ranhuras do rotor;
- Número de pólos;
- Número de aletas da ventoinha do motor;
- Características de motores auxiliares que interfiram no motor principal;
- Velocidade constante ou variável;

#### 3.2. Calcular as frequências de defeitos esperados:

- 3.2.1. Barras quebradas, trincadas ou folgadas no rotor do motor: É esperado uma frequência igual a 1 x frequência de rede (60Hz) com bandas laterais de 2Fs (Frequência de escorregamento).

$$2F_s = \frac{N_s - N}{N_s} \times 120$$

$$2F_s = \frac{N_s - N}{60} \times n^\circ \text{ de pólos}$$

2Fs = 2 x Frequência de escorregamento;  
Ns = Rotação síncrona do motor (Hz);  
N = Rotação nominal do motor (Hz);

### 3.2.2. Frequência de ranhuras do motor elétrico:

$$Fe = Ne \times N$$

$$Fr = NR \times N$$

Fr = Frequência de ranhuras do rotor;  
N = Rotação do motor;  
NR = Número de ranhuras do rotor;  
Fe = Frequência das ranhuras do estator;  
Ne = Número de ranhuras do estator;

### 3.2.3. Desequilíbrio do campo magnético do motor: É esperado uma frequência igual a duas vezes a frequência da rede, ou seja, 120 Hz.

OBS.: A frequência de ranhura do rotor, estator e 120 Hz são configuradas para medição de vibração na carcaça do motor.

## 3.3. Configurar pontos de medição:

### 3.3.1. Carcaça

#### 3.3.1.1. Defeitos magnéticos no rotor (barras quebradas):

- Espectro de velocidade RMS com escala de frequência com  $\pm 10$  Hz em torno da rotação. Ex.: Rotação nominal = 15Hz, display de 5 a 25. Usar uma resolução capaz de realçar as modulações de 2Fs;

#### 3.3.1.2. Defeitos magnéticos no estator (desalinhamento do rotor em relação ao estator, pacote magnético folgado, bobinas em curto, etc.).

- Velocidade RMS com display de 2 a 500Hz para realçar a frequência de 120Hz e seus múltiplos;
- Envelope com filtro de 10 KHz para realçar as modulações de 120Hz nas frequências de ranhuras rotor/estator;

### 3.3.2. Espectro de corrente

- Espectro em Volts CA RMS com display de 55 a 65Hz para realçar a frequência da rede(60Hz), que pode aparecer com bandas laterais de 2Fs (indicando barras quebradas) ou com bandas de 1x componentes mecânicos (identifica irregularidades de 1x RPM do componente mecânico em questão);
- Espectro em Volts RMS, FFT e 0 a 500Hz (pacote de senóides) para avaliar modulações de baixa frequência e a estabilidade ou variação da carga.
- FFT - Verificar o aparecimento de harmônicos ímpares indicando problemas no estator, que são confirmadas quando ultrapassam 4% da frequência fundamental (60Hz).

#### 4. CLASSIFICAÇÃO QUANTO A CRITICIDADE

A análise é feita em dB, porém, como nosso coletor não transforma os valores para dB, optamos por converter os valores de linear para dB's.

Fórmulas:

$$\Delta = 20 \log \left( \frac{A}{B} \right)$$

Onde:

$\Delta$  = Diferença entre o pico referente a corrente de funcionamento (A) e corrente do rotor 2Fs (B).

Exemplo:  $I_n = 68,64A = (A)$  Logo:  $\Delta = 20 \log \left( \frac{68,64}{0,49} \right)$  logo  $\Delta = 20 \log 140,08$   
 $2Fs = 0,49A = (B)$   $\Delta = 20 \times 2,14$ , logo  $\Delta = 42,92 \text{ dB}$

**Tabela de classificação da condição do rotor**

Diferença entre a amplitude em 60Hz e 2FS	Classificação
$\Delta=54 - 60 \text{ dB}$	Excelente
$\Delta=48 - 54 \text{ dB}$	Boa
$\Delta=42 - 48 \text{ dB}$	Moderado
$\Delta=36 - 42 \text{ dB}$	Rotor com barras quebradas estágio inicial ou alta resistência nos contatos
$\Delta=30 - 36 \text{ dB}$	Barras quebradas, ou anel de curto circuito aberto
$\Delta < 30 \text{ dB}$	Problemas sérios

Obs.: Estes níveis de alarme são somente referência quando não possuímos histórico, não devendo ser considerados regras.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- Almeida, M. T. *Análise Magnética de Motores CA*. Itajubá.
- Lacerda, I. M., & Pereira, C. M. (2005). *Monitoramento De Grandezas Elétricas – Confiabilidade Para Equipamentos De Média Tensão*. Congonhas.