É o inversor, o motor ou a carga?

Nota de aplicação

Onde se deve começar para identificar e solucionar os problemas?

Em situações que envolvem problemas relacionados a motores, a identificação do problema já é meio caminho andado para se encontrar a solução. Em todos os motores em funcionamento existe uma carga e algum tipo de controlador de motor, que pode vir a ser um inversor de velocidade ajustável (ASD). Quando ocorre algum problema, como se pode saber se ele é relacionado ao inversor, ao motor ou à carga? Aqui estão algumas dicas para resolver problemas de modo sistemático e rápido, e para fazer algumas medições fundamentais à medida que se prossegue.

Medidas de desequilíbrio

Um bom lugar para começar é medindo a corrente consumida pelo motor. Quando falamos de motores, nos referimos a motores trifásicos de indução, o alicerce do mercado. Os motores são cargas equilibradas: a corrente consumida em cada fase deve ser aproximadamente igual (menos de 10%, conforme medido abaixo).

Em caso de desequilíbrio, a causa pode estar no interior do motor (deterioração do isolamento do estator, por exemplo), ou pode ser o resultado de um desequilíbrio de tensão. Portanto, se houver algum problema com o desequilíbrio da corrente, meça o desequilíbrio de tensão (inferior a 3%) na saída do inversor. O cálculo a seguir funciona para desequilíbrios de tensão ou corrente.

As medições de desequilíbrio de tensão e corrente também devem ser efetuadas no lado da linha do acionador. Os inversores são extremamente sensíveis a desequilíbrios de tensão, mais ainda do que os motores. Os inversores usam as tensões de pico de cada fase para carregar os bancos internos de capacitores. Se uma dessas fases estiver mesmo um pouco baixa, será mais difícil para o inversor consumir a corrente dessa fase. Assim, o desequilíbrio de tensão causará um desequilíbrio de corrente. A unidade pode continuar funcionando, mas o ciclo de carga dos capacitores e seu tempo de continuidade de operação em caso de queda de tensão diminuirão.

Além de medidas de desequilíbrio, quedas de tensão em conexões soltas também devem ser verificadas. Isso pode ser feito com medições diretas de tensão ou com termômetros infravermelhos. Leituras muito superiores à temperatura ambiente ou superiores às outras fases podem indicar conexões soltas ou ruins.

Porcentagem de desequilíbrio = desvio máximo da média / média das três fases X 100%

Exemplo:

1. Medido: Fase A = 449 A; Fase B = 470 A; Fase C = 462 A
2. Calcule a Média = (449 + 470 + 462) / 3 = 460 A
3. Calcule o Desvio Máximo = 460 – 449 = 11 A
4. Calcule o Desequilíbrio = (11 / 460) x 100% = 2,4%

Obs.: Os novos analisadores de qualidade de energia trifásicos podem realizar esses cálculos automaticamente.

Desarmes de sobretensão e subtensão do ASD

Os acionadores têm códigos de diagnóstico que identificam a causa do desarme. De modo geral, eles podem ser classificados como sobretensão, subtensão ou sobrecarga (sobrecorrente). Note que os arranques mecânicos só têm desarmes de sobrecarga. Eles não cuidam da sobretensão nem da subtensão. O que torna os inversores diferentes?

Os inversores transformam uma onda senoidal CA em CC (seção do conversor) e, depois, transformam a CC em CA (seção do inversor). No entanto, a CA na saída não é uma onda senoidal. Sua forma de onda é especial, conhecida como modulação por largura de pulso (PWM). Do ponto de vista do motor, a PWM é aceita como se fosse uma onda senoidal – quase (veja Medições avançadas do motor, na página 3). Por enquanto, porém, nos concentraremos na parte interna do acionador, especificamente no que é normalmente denominado circuito intermediário. O circuito intermediário consiste em nada mais que um banco de capacitores, geralmente com um indutor de ligação em série (reator) inserido para filtragem e proteção. O circuito intermediário é cuidadosamente controlado pelo acionador; a sobretensão ou a subtensão refere-se à tensão do circuito intermediário.

A subtensão pode ser causada externamente por quedas de tensão na entrada do inversor. A função de quedas e subidas em um analisador de qualidade de energia pode ajudar a identificar problemas de subtensão relacionados à linha. Também podem existir problemas internos com os capacitores do circuito intermediário e/ou do reator. Em muitos inversores, há pontos de teste para medir a tensão do circuito intermediário. Para verificar os capacitores, use a função min/max de um multímetro digital ou, de preferência, a função de tendência de um analisador de qualidade de energia ou osciloscópio. Verifique se a regulagem da tensão está dentro da especificação do fabricante. Para verificar o reator, verificar a forma de onda em ambos os lados. Não deve haver mudanças.

Ao solucionar problemas em um sistema, a tendência é ver o inversor ou o CLP como os elementos mais suscetíveis a quedas de tensão. O relé Schrack de controle é, mais frequentemente, a fonte dos problemas relacionados à queda de tensão. Estudos têm demonstrado que esses componentes de baixo custo são os primeiros a cair quando ocorrem quedas de tensão. Então não se esqueça de examinar qualquer circuito de controle externo enquanto estiver solucionando desligamentos intermitentes do sistema.

A sobretensão pode ser um sintoma de problemas nos capacitores no reator. Ela também pode ser causada por transientes de tensão relacionados à linha. Em um ponto, os transientes de comutação de capacitores utilitários eram conhecidos por causar desarmes por sobretensão nos acionadores. A sobretensão pode também ser causada por cargas regenerativas. Cargas, tais como guindastes e elevadores, devolvem tensão quando desaceleram. São instalados circuitos de frenagem dinâmicos para desviar essa energia do acionador, onde, caso contrário, surgiriam como sobretensão no circuito intermediário. Problemas, como instalação incorreta, podem causar desarmes por sobretensão.

Os problemas de sobrecarga são normalmente associados à carga e serão comentados mais adiante.

Estabelecimento dos perfis de carga

Para solucionar os problemas de interação entre a carga e o motor, você deve compreender a relação entre torque e corrente. Um motor se resume a um dispositivo que transforma energia elétrica (corrente) em energia mecânica de rotação (torque), através dos efeitos mágicos do magnetismo. O que uma carga exige de um motor é o torque. Para todos os efeitos práticos, esse torque é diretamente proporcional à corrente usada pelo motor. Isso deve fazer sentido, pois todos sabemos que, nos motores de velocidade constante (entre eles todos os motores acionados na linha com inversores eletromecânicos), a tensão é, ou deveria ser, estável, e a corrente é variável. Quando uma carga exige mais torque e corrente do que um motor pode fornecer, o resultado é uma condição de sobrecarga. A sobrecarga causará superaquecimento do motor. Os controladores de motor o desligarão (e, portanto, a carga) em vez de permitir que ocorram danos permanentes no isolamento do enrolamento. A sobrecarga está sempre relacionada ao tempo: uma sobrecarga elevada desarma o motor em um curto espaço de tempo, enquanto um nível menor de sobrecarga fará com que o desarme demore mais.

Quando queremos avaliar o impacto de uma carga sobre o sistema de acionamento do motor, precisamos medir a corrente que ele consome. Naturalmente, esse consumo de corrente varia normalmente ao longo do tempo com a variação da carga. A medição de corrente durante um certo período de tempo é chamada de "estabelecimento de perfis de carga". Para o estabelecimento dos perfis de carga, a função de registro de energia de um analisador de qualidade de energia é ideal para capturar uma linha de tendência do consumo de corrente (além do kW, se desejar). Um cursor permite identificar os valores de corrente em diferentes pontos da linha de tendência, junto com a data e a hora desses pontos. Não é necessário medir as três fases do motor de indução porque o motor é uma carga equilibrada. Antes de estabelecer o perfil de carga, meça o desequilíbrio de corrente para verificar se motor está em boas condições. Se a sua preocupação forem os desarmes inoportunos, tome a coluna alta e meça-a (uma sobrecarga em uma coluna desarmará as três colunas).

Ao definir os perfis de carga, procuramos períodos de corrente especialmente alta em relação aos ampères de carga plena do motor. As informações de ampères de carga plena estão disponíveis na placa de identificação do motor. Se houver um fator de serviço, o intervalo deve ser calculado multiplicando-se os ampères de carga plena pelo fator de serviço.

Embora a corrente elevada seja a principal preocupação, a corrente baixa também deve ser evitada. Um motor é mais eficiente e apresenta o melhor fator de potência na faixa de 60% a 80% dos ampères de carga plena. Não há uma penalidade imediata para cargas abaixo do previsto. O motor não será desarmado. Na verdade, é rotineiro que muitos motores sejam sobredimensionados para a carga, pois, teoricamente, o motor é menos suscetível ao desarme em virtude de uma sobrecarga. Entretanto, como na maioria das vezes, nada vem de graça. Em caso de subcarga, a concessionária de energia envia uma conta mais alta.

Duas cargas diferentes: torque variável e torque constante

A maioria dos sistemas acionadores é usada com cargas de torque variável ou torque constante. As cargas de torque variável incluem ventiladores e bombas rotativas. Elas constituem, de longe, a maioria das cargas, do ponto de vista do consumo de energia. Quando são usados inversores de frequência com essas cargas, é possível obter uma enorme economia de energia. Por exemplo, um ventilador a meia velocidade (30 Hz) usa, em condições ideais, apenas um oitavo da energia do mesmo ventilador a 60 Hz (dizemos "ideais" porque há sempre algum grau de perda devido a ineficiências no sistema acionador–motor–carga). Do ponto de vista da solução de problemas, o importante é perceber que essas cargas de torque variável raramente causam problemas de sobrecarga nos acionadores (supondo que a carga tenha sido corretamente dimensionada). Isso ocorre porque eles passam grande parte do tempo funcionando em velocidades mais baixas (inferiores a 60 Hz) e consumindo menos corrente. Se isso não ocorresse, ou seja, se a carga exigisse velocidade e torque máximos, na maior parte do tempo (ou o tempo inteiro) não haveria nenhuma justificativa econômica, ou seja, economia de energia, em instalar um inversor. Às vezes, essas cargas causam um desarme no arranque, mas isso normalmente indica que a carga não foi dimensionada corretamente para o acionador. Outra possibilidade é que a carga tenha sido alterada. Por exemplo, um rolamento que começa a ficar preso exige mais torque inicial para pôr a carga em movimento.

As cargas de torque constante podem ser mais difíceis. As cargas de atrito ou gravitacionais são cargas de torque constante. O essencial para compreender essas cargas é que elas exigem o mesmo nível de corrente (mais ou menos) em velocidades mais baixas. Isso pode ser perigoso para o motor. Normalmente, os motores são resfriados por ventiladores instalados no rotor; quando o motor desacelera, o ventilador resfria menos. Portanto, pode ocorrer um aquecimento excessivo. O perigo é que os circuitos de sobrecarga do motor são construídos para medir o calor indiretamente através da medição da corrente (há motores com sensores de calor embutidos em seus estatores, mas, obviamente, eles são mais caros). Aqui temos uma situação na qual o consumo normal de corrente a uma baixa velocidade pode causar superaquecimento. A solução comum é a instalação de ventiladores com alimentação externa para refrigerar o motor.

Antes de deixarmos o assunto da solução de problemas de carga, deve-se notar que existe toda uma área de especialização relacionada à ligação mecânica do motor com a carga. Ela inclui vibração, alinhamento do eixo, montagem do motor, etc. Essas são, obviamente, questões importantes, mas estão fora do escopo deste artigo.

Medições avançadas do motor

Nos sistemas de motor inversor, é necessário fazer algumas medições que não precisam ser feitas em sistemas de motor com partida mecânica (através da linha). Isso ocorre porque a comutação rápida, elemento de alta frequência da forma de onda de saída da PWM, causa problemas especiais que a onda senoidal não causa. À primeira vista, o motor, como uma carga que consome carga, se parece simplesmente com um grande conjunto de indutores ou bobinas (enrolamentos de estator), e a natureza dos indutores é filtrar os elementos de corrente de alta frequência. É por isso que a forma de onda da corrente se parece com uma onda senoidal. Mas, infelizmente, os elementos de alta frequência da forma de onda de tensão não ficam de fora, e podem causar algum prejuízo.

As duas primeiras medições devem ser feitas com um osciloscópio ou com a função de osciloscópio de um analisador de qualidade de energia:

- **Reflexões de sobretensão.** Meça fase-a-fase nos terminais do motor. Os pulsos da PWM podem ter valores de pico muito maiores (teoricamente, até 200%) que o normal. Essas reflexões de sobretensão podem danificar os enrolamentos do motor. Estas sobretensões são claramente visíveis na forma de onda de osciloscópio. As soluções se enquadram em três categorias: encurtar o comprimento do cabo entre o acionador e o motor; usar um motor com isolamento melhor, os chamados motores inversores de serviço; usar filtros.
- **Tensões no eixo e correntes de rolamento do motor.** Meça a tensão entre o rotor e o quadro (terra), utilizando um fio trançado ou uma escova de carbono. Os motores acionados por ondas senoidais têm uma tensão "normal" de 1 a 2 V entre o eixo/rolamento e o quadro. A forma de onda da PWM pode gerar tensões de desarme de 8 V a 15 V entre o eixo (mais especificamente, o rolamento) e o quadro. Isso danifica os rolamentos, causando corrosão e desgaste. Muitas soluções já foram propostas, mas a mais comum é o dispositivo de aterramento do eixo.
- **Corrente de fuga.** Meça com um alicate amperímetro em todos os condutores trifásicos. As frequências elevadas provocam o aumento das fugas entre os enrolamentos do estator e o quadro. Essa corrente de terra ou fuga pode interferir com os sinais de controle e comunicação. As soluções mais comuns são o uso de cabos de supressão de interferência eletromagnética ou de um bloqueador de modo comum.

E quanto aos harmônicos na saída da acionador? A forma de onda de corrente da PWM transformada em onda senoidal não conteria uma grande quantidade de harmônicos? É claro que sim. Mas não precisamos medi-los. Primeiramente, eles não entram no restante do sistema de distribuição de energia; eles afetam somente o motor. Especificamente, eles aumentam o aquecimento do motor. No entanto, os fabricantes do motor e dos acionadores já solucionaram esse problema, melhorando o nível de isolamento dos motores. Nos casos em que um motor mais antigo é adaptado com um inversor, recomenda-se reduzir a corrente de carga plena do motor.

Resumo

Para saber se a causa dos problemas é a carga, o motor ou o acionador, é útil agir de forma sistemática. Comece com as medições básicas do motor (desequilíbrio) para verificar as condições do próprio motor. Em seguida, realize

algumas medições simples no acionador para verificar as causas dos desarmes por sobretensão ou subtensão. Estabeleça o perfil da carga para encontrar a causa dos desarmes intermitentes por sobrecarga. Finalmente, em caso de falhas prematuras do rolamento ou do enrolamento do motor, bem como de interferências do sinal de controle, use um instrumento como a ferramenta de teste ScopeMeter® da Fluke para realizar outras medições do motor. Isso não esgota absolutamente todas as possíveis fontes de problemas, mas certamente identificará muitos dos problemas mais comuns.

Trabalhe com segurança

A alta tensão e as correntes presentes em sistemas de energia elétrica podem causar lesões graves ou morte por eletrocussão e queimaduras. Portanto, apenas eletricistas experientes e treinados que tenham conhecimento de sistemas elétricos em geral e do equipamento em teste devem realizar os testes e modificações em sistemas elétricos.

A Fluke não pode prever todas as precauções possíveis que você deve tomar ao realizar as medições descritas aqui. Entretanto, você deve, no mínimo:

- Usar equipamentos de segurança adequados, tais como óculos de segurança, luvas isolantes, esteiras isolantes, etc.
- Verificar se toda a energia foi desligada, travada e marcada em qualquer situação na qual você esteja em contato direto com os componentes do circuito. Garanta que a energia não possa ser ativada por qualquer outra pessoa.
- Ler e entender todos os manuais pertinentes antes de aplicar as informações desta nota de aplicação. Preste especial atenção a todas as precauções e advertências de segurança nos manuais de instruções.
- Não utilizar instrumentos em aplicações para as quais elas não se destinam, e sempre estar ciente de que, se o material for utilizado de maneira diferente da especificada pelo fabricante, a proteção proporcionada pelo equipamento poderá ficar prejudicada.

Fluke. *Mantendo seu mundo equipado e funcionando.®*

Fluke Corporation
PO Box 9090, Everett, WA 98206 U.S.A.

Fluke Europa B.V.
PO Box 1186, 5602 BD
Eindhoven, Holanda

Para obter mais informações ligue para:
nos EUA. (800) 443-5853 ou
Fax (425) 446-5116
Na Europa/Oriente Médio/
África +31 (0) 40 2675 200 ou
Fax +31 (0) 40 2675 222
No Canadá (800)-36-FLUKE ou
Fax (905) 890-6866
De outros países +1 (425) 446-5500 ou
Fax +1 (425) 446-5116
Acesso pela web: http://www.fluke.com

©2011 Fluke Corporation.
As especificações estão sujeitas a alteração sem aviso.
Impresso nos EUA. 4/2011 4021722A A-PT-N

Não são permitidas modificações no documento sem a permissão por escrito da Fluke Corporation.