

# Harmónicos: Compreender, medir e interpretar os resultados

Desde pequenos disparos de controlo a avarias de compressores e transformadores, os harmónicos podem ter impacto em todo o tipo de equipamento AVAC.



Um técnico documentou recentemente os códigos de avaria recebidos quando um circuito de refrigerador foi disparado. Um olhar mais atento ao refrigerador revelou que as avarias indicadas não correspondiam ao que se passava na unidade. O diagnóstico indicava que o refrigerador tinha passado por uma “inversão de fase” e, algum tempo mais tarde, uma “sobrecarga do motor de compressão”. Além disso, tinha sido recebido um aviso de “avaría de variador de velocidade da bomba do condensador”.

É muito pouco provável que a inversão de fase tenha ocorrido, geralmente, isto deve-se a um problema da instalação. A investigação revelou que tanto o acionamento da bomba do compressor e do condensador pareciam estar a funcionar normalmente. Embora o problema que estava a causar estes disparos inconvenientes pudesse ser um componente no próprio painel de controlo, outro candidato, muitas vezes ignorado, são os harmónicos.

## Correntes de harmónicos e o sistema de distribuição elétrica

As correntes de harmónicos fluem num circuito em múltiplos da frequência fundamental de 60 hertz (Hz). Por exemplo, uma corrente que flua num circuito a 180 Hz é o terceiro harmónico (60 Hz multiplicado por 3). Tais correntes não são diretamente indicadas nos multímetros e habitualmente não se encontram até que problemas pouco habituais de controlo ou do equipamento comecem a aparecer. A comparação das leituras de corrente de um medidor de resposta média e um medidor True-RMS de boa qualidade no mesmo circuito

irá ajudar a indicar problemas de harmónicos. O medidor de tempo médio de resposta irá indicar apenas a corrente de 60 Hz e o medidor True-RMS irá indicar uma combinação de corrente de 60 Hz e harmónicos.

A produção e reflexo destas correntes de harmónicos para o sistema de distribuição elétrica podem causar problemas. A seguir encontra alguns exemplos de problemas de harmónicos:

- Funcionamento inadequado dos circuitos de controlo
- Encerramentos defeituosos de refrigeradores controlados eletronicamente e unidades de tratamento de ar (AHU)
- Sobreaquecimento de bobinas de solenoide, que obrigam à substituição
- Sobreaquecimento de transformadores de 480 volts que abastecem sistemas AVAC 208Y/120 volts
- Sobreaquecimento de ventoinhas e motores de bomba refrigerados a água fria

Com algum entendimento básico, os técnicos e engenheiros profissionais de hoje em dia conseguem isolar problemas de harmónicos na origem e mitigar os seus efeitos substituindo o artigo que causa o problema ou instalando filtros de harmónicos.

Os circuitos eletrónicos modernos têm de converter a corrente alternada (AC) de 60 Hz em corrente contínua (DC), uma vez que a parte eletrónica funciona utilizando tensão e corrente DC. A forma de onda da corrente emitida por estas cargas eletrónicas revela que a forma de onda atual não corresponde à forma de onda de tensão aplicada. Consequentemente, tais cargas eletrónicas são referidas como cargas “não lineares”. Estas cargas não lineares produzem correntes de harmónicos que se refletem no sistema. As correntes de harmónicos aparecem num

amplo espectro, mas geralmente diminuem à medida que as frequências aumentam. Ver **Figura 1**.

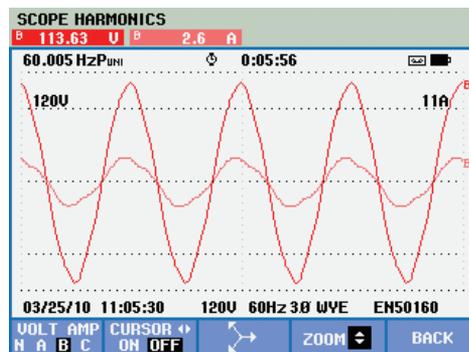
Embora diferentes frequências de harmônicos produzam o seu próprio efeito único num circuito, quando combinadas distorcem a onda sinusoidal de 60 Hz original. A energia distorcida na entrada de um equipamento eletrônico pode causar desvios e alarmes errôneos que, por vezes, ocorrem nos circuitos de controlo. Algumas correntes de harmônicos produzem calor excessivo. Outros harmônicos produzem realmente um torque inverso nos motores, reduzindo a eficiência e sobreaquecendo os motores.

## Deteção de problemas

A deteção de problemas em qualquer circuito significa identificar de forma adequada a causa principal do problema e isolar a origem. Se as verificações de rotina de deteção de problemas num circuito elétrico com cargas não lineares não revelarem o problema, pondere procurar a existência de harmônicos.

Para fazer um teste inicial para a presença de harmônicos, meça com uma pinça amperimétrica capaz de indicar a distorção total de harmônicos (THD). A THD fornece um número para indicar o total dos harmônicos presentes. A THD para tensão não deverá exceder os 5% e pode ser facilmente lida numa pinça amperimétrica. A THD para corrente será consideravelmente mais elevada. A THD em excesso para tensão significa que qualquer um dos problemas previamente mencionados pode estar a ocorrer e deve ser tomada uma ação corretiva. Para obter informação mais detalhada, utilize o analisador de qualidade de energia para investigar mais aprofundadamente a magnitude e os efeitos dos harmônicos individuais.

O analisador de qualidade de energia mede o nível de cada frequência de harmônicos, bem como muitos outros problemas relacionados com a qualidade de energia. Os analisadores de qualidade de energia estão disponíveis para circuitos unifásicos e trifásicos. Geralmente são colocados no circuito durante um período de tempo para registar perturbações na linha

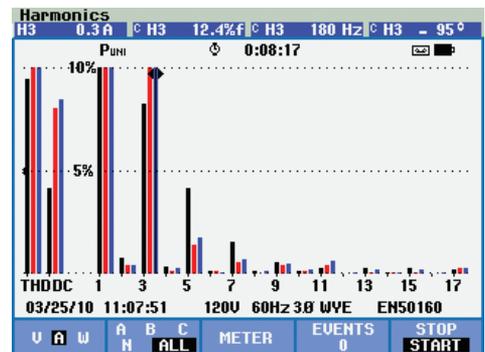


**Figura 1.** Carga não linear. Observar um conjunto unifásico de ondas sinusoidais de tensão e corrente emitidas por uma carga não linear irregular mostra prontamente que a forma de onda de corrente (inferior) não está de todo conforme com a forma de onda de tensão aplicada. Tais cargas não lineares produzem correntes de harmônicos que fluem para o sistema de distribuição.

de alimentação. Os dados podem ser transferidos posteriormente para um PC para análise.

Além de medir os harmônicos, os analisadores de qualidade de energia registam outras perturbações que podem causar avarias dos circuitos de controlo. Por exemplo, “subidas” são aumentos da tensão acima dos valores nominais e podem danificar o equipamento. “Descidas” são diminuições na tensão aplicada e irão causar encerramentos artificiais e alarmes falsos nos variadores de frequência (VFD) e circuitos de controlador lógico programável (PLC).

A THD e os níveis de harmônicos devem ser medidos no ponto de ligação comum (PCC). Durante a deteção de problemas, o PCC é o ponto em que as cargas não lineares suspeitas de causar o problema se ligam ao restante do sistema de distribuição. Por exemplo, uma verificação rápida no cubículo do centro de controlo do motor (MCC) que abastece o VFD irá indicar se o VFD está a criar um potencial problema de harmônicos. Procure THD para tensão que esteja próxima dos 5% e verifique a presença e os níveis de diferentes frequências de harmônicos. Ver **Figura 2**. A saída de harmônicos a partir do VFD irá variar à medida que a saída do VFD varia. Poderá ser necessário configurar o analisador de



**Figura 2.** Harmônicos. Nesta captura de ecrã do analisador de qualidade de energia, as frequências de harmônicos aparecem no eixo dos harmônicos. A percentagem a que a frequência de harmônicos específica é um componente da frequência de 60 Hz fundamental aparece no eixo vertical. O cursor foi colocado sobre a terceira frequência de harmônicos e esta terceira corrente de harmônicos aparece para representar aproximadamente 12,4% da frequência de 60 Hz.

qualidade de energia para registar valores por um período de tempo, porque os requisitos do sistema de ventilação variam.

## O que fazer quando encontra harmônicos em excesso

Caso encontre harmônicos em excesso, observe cada caso individualmente e, em seguida, tome as decisões. Pode adquirir filtros de harmônicos e colocá-los o mais próximo possível do equipamento que produz as correntes de harmônicos. É melhor consultar o fabricante do equipamento ou um engenheiro consultor externo para descobrir o melhor filtro de harmônicos para o problema. Não existe “uma opção para todos” quando se trata destes filtros. Tem de considerar a dimensão da carga e os harmônicos específicos que estão a ser gerados.

Outra alternativa é isolar o equipamento problemático utilizando um transformador de isolamento. Relocalizar a carga não linear que está a causar o problema ou o circuito afetado para outro painel de distribuição poderá ajudar. Por exemplo, se os controlos afetados forem fornecidos a partir do mesmo quadro terminal que a carga não linear que está a causar o problema, mover o circuito de controlo

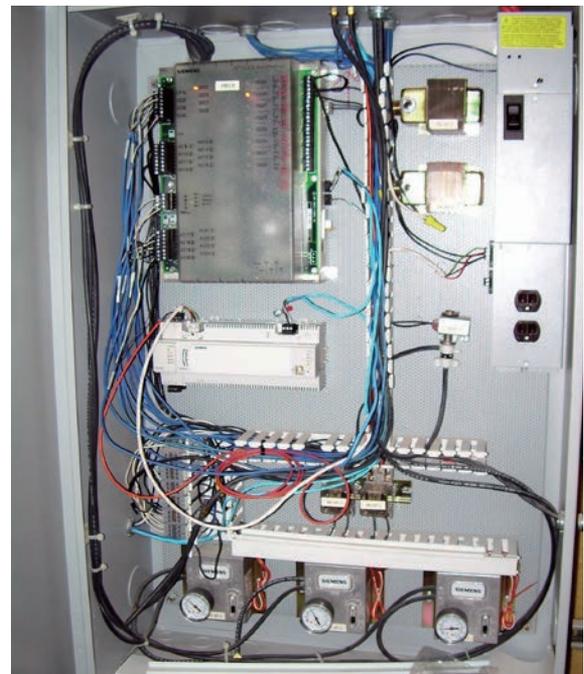
para outro quadro terminal poderá ajudar a aliviar o problema. Os problemas de harmónicos tendem a diminuir afastando-se cada vez mais da carga não linear.

**Resumo**

O equipamento elétrico AVAC de hoje em dia é uma combinação de VFD trifásicos que abastecem motores de ventoinhas, compressores, bombas de água e torres de ventilação. Os circuitos de controlo contêm PLC e circuitos eletrónicos proprietários que mantêm as temperaturas, taxas de fluxo e pressões. Ver Figura 3. Embora os VFD sejam exemplos de cargas não lineares que causam muitos problemas de harmónicos, outras fontes de harmónicos podem ir desde fotocopiadoras nos escritórios a uma instalação próxima na mesma linha de abastecimento.

Os efeitos dos harmónicos no equipamento AVAC podem ser disparos inconvenientes nos controlos ou

avarias graves nos motores ou transformadores. As verificações iniciais utilizando duas pinças amperimétricas poderão identificar facilmente potenciais problemas de harmónicos. No entanto, o analisador de qualidade de energia é a chave para medir, isolar e corrigir problemas de harmónicos. O equipamento AVAC moderno requer que os engenheiros e os técnicos compreendam a causa e o efeito dos harmónicos e como medir e interpretar os valores dos harmónicos para solucionar problemas relacionados.



**Figura 3.** Os controlos de ventilação, tais como, os componentes eletrónicos e PLC no lado esquerdo deste armário, podem ser afetados pelos harmónicos; o que resulta num funcionamento inadequado do equipamento controlado.

**Medir e interpretar números de harmónicos**

Os números de harmónicos são atribuídos na sua relação com a frequência fundamental (ou de 60 Hz). Para descobrir a frequência da corrente de harmónicos, multiplique o número de harmónico pela primeira frequência de 60 Hz, ou fundamental.

**Efeitos de harmónicos**

Todos os harmónicos tendem a distorcer a onda sinusoidal de 60 Hz fundamental original. A distorção total de harmónicos (THD) para a onda sinusoidal de tensão não deverá exceder os 5% quando medida num analisador de qualidade de energia.

Muitos VFD em uso hoje em dia são unidades de 6 impulsos (seis díodos nos circuitos conversores). Estas unidades produzem harmónicos na 5ª, 11ª, 13ª, 17ª, 19ª, etc. Se os níveis altos de harmónicos existirem nestas frequências, pondere colocar um filtro na entrada de alimentação da unidade.

**Passos básicos de deteção de problemas no isolamento de harmónicos**

**ATENÇÃO:** A deteção de problemas requer trabalho em circuitos com corrente; certifique-se de que segue os requisitos da norma NFPA 70E: Standard for Electrical Safety in the Workplace® (Norma para segurança elétrica no local de trabalho).

1. Verifique possíveis causas não relacionadas com harmónicos:
  - a. Entradas e saídas de controlos eletrónicos
  - b. Relés, sensores com avaria, etc.
2. Determine a possibilidade de harmónicos no sistema de distribuição realizando leituras com pinças amperimétricas com um instrumento que meça a distorção total de harmónicos.
3. Utilize um analisador de qualidade de energia para identificar as frequências de harmónicos presentes e as suas magnitudes. Registe valores ao longo do tempo no alimentador que abastece o equipamento.
4. Verifique se a distorção total de harmónicos (THD) para tensão não excede os 5%. Este é o valor máximo geralmente aceite e iria indicar potenciais problemas.
5. A ação corretiva inclui muitas vezes um filtro especialmente adquirido colocado na entrada de alimentação para a carga que produz os harmónicos. Isto minimiza o reflexo de correntes de harmónicos para o sistema de distribuição.

Número de harmónico	Frequência de corrente de harmónico
1ª	60 Hz (fundamental)
2ª	120 Hz
3ª	180 Hz
4ª	240 Hz
5ª	300 Hz
6ª	360 Hz
7ª	420 Hz

**Fluke.** *Keeping your world up and running.*®

**Fluke Ibérica, S.L.**  
 Pol. Ind. Valportillo  
 C/ Valgrande, 8  
 Ed. Thanworth II - Nave B1A  
 28108 Alcobendas  
 Madrid  
 Tel: +34 91 414 0100  
 Fax: +34 91 414 0101  
 E-mail: cs.es@fluke.com  
 Web: www.fluke.pt

**AresAgante, Lda.**  
 Rua Caminho das Congostas, 320  
 4250-159 Porto  
 Tel: +351 2 2832 9400  
 Fax: +351 2 2832 9399  
 E-mail: geral@aresagante.pt  
 Web: www.aresagante.pt

©2011, 2015 Fluke Corporation.  
 Todos os direitos reservados. Os dados fornecidos estão sujeitos a alterações sem aviso prévio.  
 12/2017 4141181b-por

**A modificação deste documento não é permitida sem a autorização escrita da Fluke Corporation.**