



informações para projetistas do sistema HVAC da atualidade

Boletim informativo de engenharia

volume 47-1

Um manual para engenheiros não eletricitistas

Distorção harmônica em sistemas elétricos



A busca por menor consumo de energia elétrica do HVAC e de outros equipamentos elétricos levou à introdução de cargas elétricas "não lineares" à rede elétrica. A distorção harmônica causada pelo aumento de cargas não lineares pode resultar em problemas no sistema elétrico de um edifício.

Este boletim explica as causas da distorção harmônica de maneira simples, apresentando ao leitor alguns princípios básicos do sistema elétrico e esclarecendo o significado de distorção harmônica e sua importância. Ele se destina a pessoas com pouca ou nenhuma experiência em sistemas elétricos.

O termo harmônica é usado para descrever uma distorção na tensão fundamental e/ou na forma de onda de corrente fornecida por uma concessionária de serviços públicos ou um gerador. No sentido técnico, é um modo matemático de descrever a distorção. No sentido prático, é uma forma de falar sobre os problemas, possíveis e reais, causados pela proliferação de dispositivos de economia de energia.

Comece pelos conceitos básicos

Antes de falarmos sobre a distorção, vamos voltar um pouco e observar o que está sendo distorcido. A distorção pode ocorrer em qualquer sistema elétrico, independentemente da forma como a energia é transmitida ao sistema. Nesta discussão, partimos do pressuposto de que a energia elétrica está sendo transmitida a partir da rede elétrica comum. As harmônicas de sistemas abastecidos por geradores locais têm problemas específicos, como discutido em um *Boletim de engenharia* anterior, "Como os VFDs afetam o dimensionamento de geradores", volume 35-1.

A energia é transmitida para a maioria dos imóveis por uma concessionária de energia elétrica. A concessionária fornece energia por meio de uma rede de distribuição elétrica com cabos que vão para cada edifício. Os principais componentes da energia fornecida são a *tensão*, a *corrente*, e a *frequência*.

A tensão é determinada no transformador ligado ao edifício. Há diversas opções de tensão possíveis, mas, quando determinada pelo transformador, a tensão a jusante dele continua relativamente constante. Há fatores que alteram a tensão média, mas que tendem a ser de curto prazo.

A corrente, ou amperagem, depende da tensão fornecida e das cargas elétricas no edifício. Em um determinado edifício, conforme a carga elétrica aumenta, o fluxo de corrente também aumenta. Uma combinação de corrente, tensão e fator de potência é usada para determinar a energia usada pelo edifício.

A frequência é determinada de país para país. O Brasil, por exemplo, usa 60 Hz; outros países podem usar 50 Hz, mas, dentro de uma rede de distribuição, a concessionária que fornece a energia manterá uma frequência. Essa frequência é chamada **frequência fundamental**. Ela é estável e consistente, mesmo quando a tensão ou a corrente muda.

A Figura 1 mostra um ciclo de uma forma de onda fundamental de 60 Hz. É chamada de **forma de onda periódica** devido à natureza repetitiva. O eixo horizontal é o tempo. À medida que o tempo passa, a onda se repete na mesma forma. A forma pode ser descrita matematicamente como uma *onda senoidal*.

Como mostrado na Figura 2, cada ciclo completo da onda representa 360 graus de rotação. A contagem do número de ciclos completos de ondas por segundo resulta na **frequência** da onda. O eixo Y é usado para definir a magnitude.

A energia alternada, ou a corrente CA, significa que a tensão fornecida varia entre os valores positivos e negativos, conforme mostrado na Figura 3. Ela define a forma de onda de tensão fundamental fornecida ao edifício.

A parte final para um entendimento básico do fornecimento de energia é o **sinal de corrente**. A concessionária define a frequência e a tensão fundamentais, mas o sinal de corrente depende da carga. A *relação entre a forma de onda da tensão e a forma de onda da corrente depende do tipo de carga elétrica*. Essa relação é fundamental para entender como as correntes harmônicas são criadas.

Tipos de cargas elétricas

As **cargas lineares** consomem a corrente uniformemente e proporcionalmente à tensão durante todo o ciclo de trabalho; a forma de onda sinusoidal da potência de entrada permanece intacta.

Há três tipos de cargas lineares. Começaremos pelas cargas **resistivas**. Os aquecedores de resistência elétrica são um exemplo comum de uma carga resistiva. No caso dessas cargas, as formas de onda para tensão e corrente são diferentes somente em magnitude, como mostra a Figura 4.

As cargas **indutivas**, por exemplo, motores elétricos comuns, resultam em um sinal de corrente que é ligeiramente deslocado (Figura 5) do sinal de tensão. Esse deslocamento é chamado *atraso*, porque, para um determinado ponto na escala de tempo, a forma de onda de corrente passa por esse ponto depois que a forma de onda de tensão passar pelo mesmo ponto.

Figura 1. Um ciclo de uma forma de onda periódica de 60 Hz

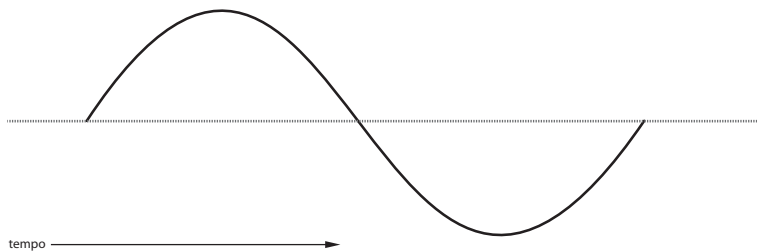


Figura 2. O número de ciclos completos de ondas por segundo resulta na frequência da onda.

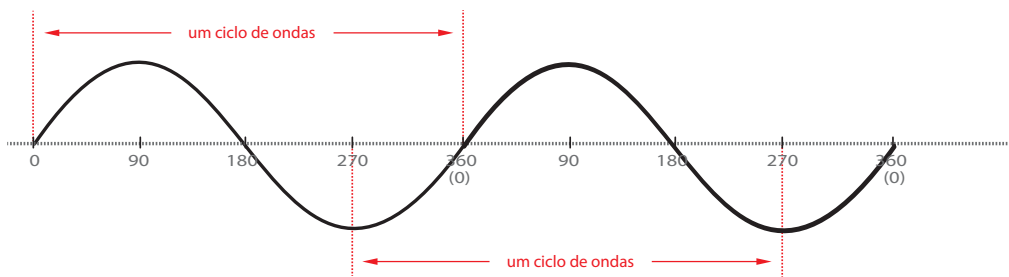


Figura 3. Variação de tensão positiva e negativa em corrente alternada

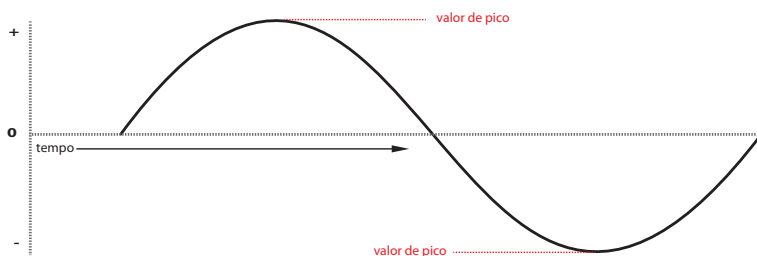


Figura 4. Diferença de forma de onda entre a corrente e a magnitude da tensão (carga resistiva).

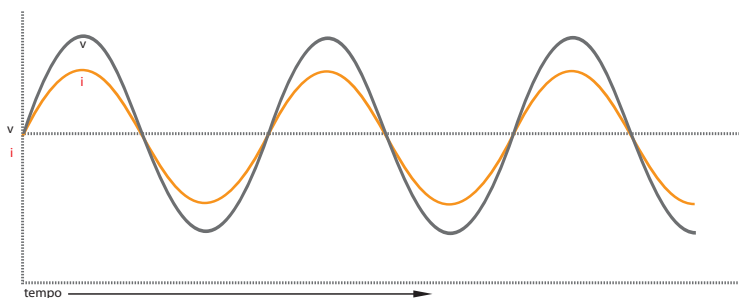
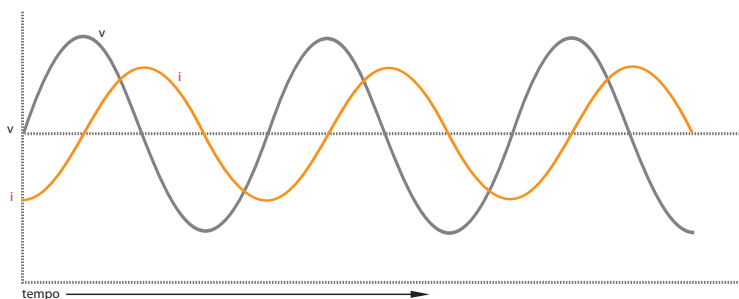


Figura 5. Sinal de corrente ligeiramente deslocado do sinal de tensão (carga indutiva).



Um terceiro tipo de carga linear é a carga **capacitiva**. Uma carga capacitiva muda o sinal de corrente para conduzir o sinal de tensão. Não há muitas cargas de trabalho que produzem um caráter capacitivo, mas os capacitores às vezes são adicionados a sistemas elétricos para equilibrar as cargas indutivas.

Quando as formas de onda de tensão e corrente se alinham, como ocorre com cargas *resistivas*, a tensão multiplicada pela corrente é sempre positiva (Figura 6). No entanto, quando as formas de onda de tensão e corrente são mudadas, como acontece com as cargas *indutivas*, há ocasiões em que o produto da tensão vezes corrente é negativo (Figura 7). A parte negativa (causada conforme a energia armazenada é liberada) não contribui para o trabalho positivo feito pela carga. A potência não produtiva é indicada pelo **fator de potência de deslocamento**.

A adição de capacitores a sistemas com cargas indutivas melhora o fator de potência de deslocamento do sistema, deslocando a forma de onda combinada em direção à unidade.

O fator de potência de deslocamento é definido como a relação do trabalho positivo realmente feito (verdadeira potência) com o trabalho positivo que teria sido feito se as formas de onda estivessem alinhadas.

Quando as formas de onda de tensão e corrente não estão alinhadas, alguma fração da corrente não está fazendo um trabalho positivo. A corrente extra deve ser gerada pela concessionária e transmitida pelo sistema de distribuição elétrica, embora a corrente não esteja fazendo trabalho positivo. Sempre que a corrente passa pela rede elétrica, há perdas associadas à resistência do sistema.

Embora estejamos discutindo cargas elétricas lineares, o conceito de fluxo de corrente que não faz trabalho positivo é importante para entender.

Figura 6. Cargas resistivas sempre consomem energia positiva

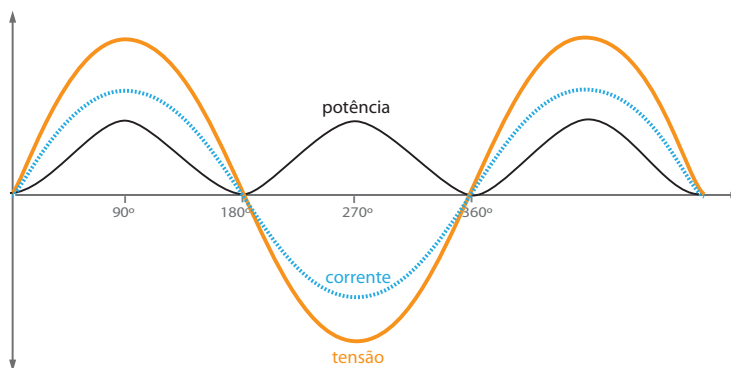
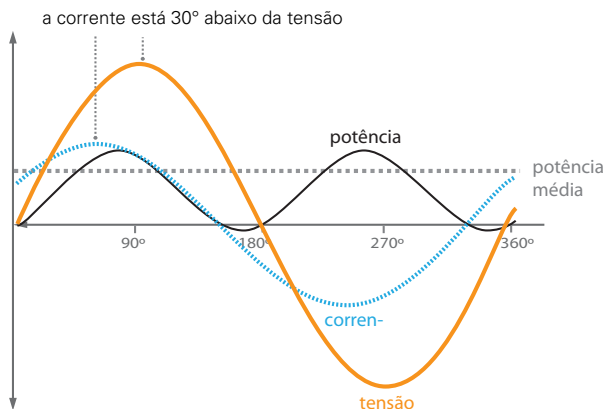


Figura 7. As formas de onda de corrente e tensão deslocadas (indutivas) consomem energia positiva e negativa.



Esse conceito pode não fazer sentido para um engenheiro "não electricista". Para entender melhor, pense em indutores e capacitores como dispositivos de armazenamento de energia. Eles afetam a corrente armazenando temporariamente um pouco da energia internamente. Uma carga indutiva, tal como um motor, armazena inerentemente energia à medida que a tensão se aproxima do máximo positivo ou negativo. Conforme a tensão volta para zero, a energia armazenada é liberada de volta para a rede atrasada no tempo.

Um capacitor funciona exatamente ao contrário. Ao mudar o valor atual no tempo em relação à tensão, esses dispositivos afetam o fluxo de corrente sem fazer nenhum trabalho real. Como foi dito anteriormente, mesmo que a corrente deslocada

não esteja fazendo nenhum trabalho positivo, essa corrente ainda precisa ser gerada e transmitida pela concessionária de serviços públicos.

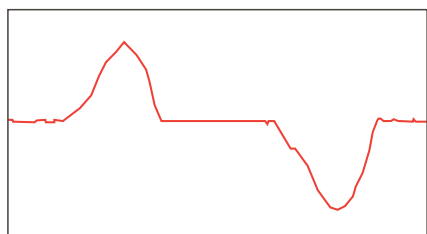
As cargas **não lineares** distorcem as formas de onda de corrente e tensão originais consumindo corrente em pulsos instantâneos que são desproporcionais à tensão.

As fontes de alimentação comutadas (SMPS), encontradas em computadores, servidores, monitores, impressoras, fotocopiadoras, sistemas de telecomunicações, equipamento de radiodifusão e motores e acionamento de velocidade variável, são exemplos de cargas não lineares. As cargas não lineares monofásicas prevalecem nos equipamentos de escritório, enquanto as cargas trifásicas, não lineares, são predominantes em sistemas elétricos maiores.

As cargas elétricas não lineares são caracterizadas por uma resistência não constante durante a forma de onda de tensão aplicada. Como a resistência não é constante, a forma de onda de corrente resultante não corresponde à forma de onda de tensão aplicada. Cada uma das várias cargas não lineares tem uma característica única de resistência e, portanto, um formato de onda de corrente único.

A carga SMPS comum consiste em uma ponte retificadora de dois pulsos (onda completa) (para converter CA em CC) e um capacitor de filtro grande no seu barramento CC. Essa carga consome corrente em pulsos curtos de alta amplitude que ocorrem ao redor dos picos positivos e negativos de tensão. A forma de onda de corrente resultante é mostrada na Figura 8.

Figura 8. Forma de onda de corrente SMPS comum

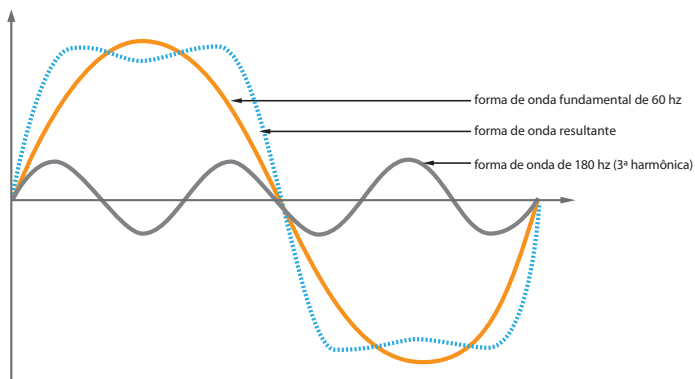


Essa conversão de energia cria harmônicas. Quando o retificador converte a corrente CA de entrada em corrente CC, sua demanda por corrente alterna rapidamente de modo intermitente. Esse consumo cíclico de energia distorce a forma original da forma de onda de corrente, “cortando” a forma sinusoidal e impondo novas formas de ondas que são múltiplas — *harmônicas* — do sinal original. Essas harmônicas são refletidas de volta no sistema elétrico. ¹A combinação da onda senoidal fundamental e de suas múltiplas causa uma “distorção harmônica”, uma nova forma de onda de formato totalmente diferente.

Embora o circuito seja alimentado por uma forma de onda de tensão sinusoidal de 60 Hz, a forma de onda de corrente resultante mostrada na Figura 8 não é uma forma de onda sinusoidal de 60 Hz simples. Essa forma de onda pode ser descrita matematicamente como a combinação de muitas ondas senoidais de diferentes frequências.

Para entender melhor isso, é necessário entender como as ondas senoidais são adicionadas.

Figura 9. Forma de onda resultante da combinação da fundamental e da 3ª harmônica



Harmônicas. Como mencionado anteriormente, a presença de harmônicas em sistemas elétricos significa que a corrente e a tensão estão distorcidas e se desviam das formas de onda sinusoidal.

Para demonstrar, começaremos com uma onda senoidal fundamental de 60 Hz, semelhante à mostrada na Figura 1, e adicionaremos uma segunda onda senoidal com uma frequência de 180 Hz (ou 3ª harmônica). Na Figura 9, a onda de 60 Hz está em laranja e a onda de 180 Hz está em cinza. As ondas são combinadas adicionando a área de cada curva.

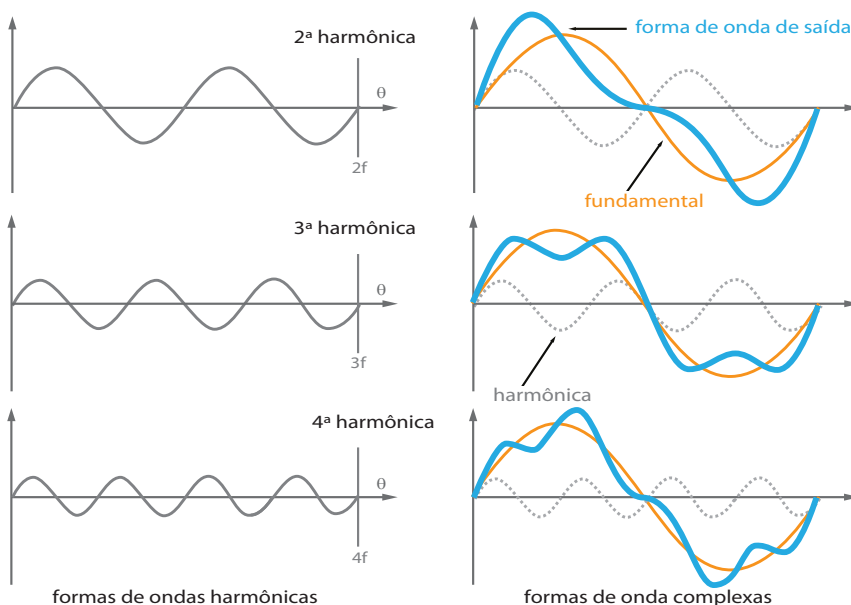
Também é possível observar que, em qualquer ponto do eixo x, o valor da onda laranja é adicionado ao valor da onda cinza. Quando as duas ondas têm o mesmo sinal, por exemplo, se ambas

forem positivas, as magnitudes se somarão. Quando as ondas têm sinais opostos, os valores se subtraem. O resultado é a onda azul pontilhada.

As frequências harmônicas são sempre múltiplos inteiros da fundamental. A Figura 10 mostra a forma de onda resultante quando a segunda, terceira e quarta harmônicas são adicionadas à forma de onda fundamental.

As Figuras 9 e 10 mostram uma única harmônica sendo adicionada à forma de onda fundamental para ilustrar como a adição de harmônicas altera a forma da forma de onda resultante. A adição da forma de onda usada na Figura 10 pode ser usada para adicionar várias formas de ondas harmônicas ao mesmo tempo.

Figura 10. Formas de ondas resultantes para 2ª, 3ª e 4ª harmônicas



É necessário usar muitas ondas harmônicas para produzir as formas de ondas complicadas criadas por cargas não lineares. A Figura 11 mostra a adição da 3ª à 15ª harmônicas para criar uma forma de onda “quadrada”.

Mais sobre o fator de potência.

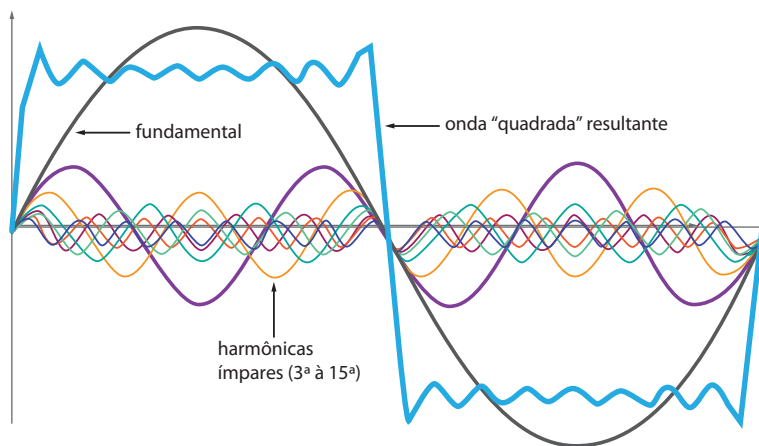
A seção anterior sobre cargas elétricas lineares explicou que o fator de potência de *deslocamento* é usado para indicar a quantidade de corrente não produtiva necessária pela carga *linear*. Da mesma forma, cargas *não lineares* também resultam em correntes não produtivas. Essas correntes são quantificadas por fator de potência de **distorção**.

O fator de potência total ou verdadeiro de um sistema é a combinação do fator de potência de *deslocamento* e do fator de potência de *distorção*. Essas correntes não produtivas custam para a concessionária. Embora a concessionária não possa cobrar pela corrente extra por kW, ela pode incluir uma taxa (penalidade) por fator de potência baixo. Por exemplo, em alguns mercados, poderia ser cobrada uma sobretaxa de 16% por um fator de potência baixo de 80%.²

Se a companhia de energia elétrica inclui uma taxa para o fator de potência baixo, há um custo direto para a distorção harmônica.

As correntes harmônicas atravessam o sistema elétrico junto com a corrente fundamental. Os sistemas elétricos podem tolerar algum conteúdo harmônico, mas, quando as harmônicas são excessivas, vários problemas podem surgir. Os problemas causados pelas harmônicas podem afetar todo o sistema (por exemplo, o superaquecimento do equipamento de distribuição) ou podem ser pontuais, interrompendo equipamentos sensíveis ou interferindo em circuitos de telecomunicações etc. A distorção de tensão resultante da distorção de corrente também pode causar problemas no equipamento.

Figura 11. Forma de onda quadrada resultante com a adição da 3ª à 15ª harmônicas



Comparação entre fator de potência de deslocamento e distorção.

Cargas lineares, fator de potência de deslocamento

- As cargas lineares não mudam o formato da forma de onda da corrente, mas podem alterar o ângulo de fase entre a tensão e a corrente.
- A correção do fator de potência de cargas lineares pode ser obtida pela adição de capacitância para compensar o efeito indutivo dos motores e realinhar a corrente com a tensão.
- Em circuitos lineares, as correntes sinusoidais e as tensões são de uma frequência. O fator de potência de deslocamento decorre apenas da diferença de fase entre a corrente e a tensão.

Cargas não lineares, fator de potência de distorção

- Com uma carga não linear, a corrente é fornecida pela concessionária em pulsos que podem ocorrer várias vezes por ciclo elétrico.
- As cargas não lineares criam correntes harmônicas em frequências mais altas além da frequência original da corrente.
- A correção do fator de potência pode ser obtida usando filtros projetados para passar apenas a frequência da linha (50 ou 60 Hz), reduzindo a corrente harmônica e fazendo o dispositivo não linear parecer uma carga linear.
- O fator de potência de distorção é uma medida do quanto a distorção harmônica de uma corrente de carga diminui a eficiência da energia transferida para a carga.

Quantificação de conteúdo harmônico

Há muitos tipos diferentes de cargas elétricas não lineares em operação atualmente. Cada tipo tem uma forma de onda única e conteúdo harmônico distinto. Uma maneira de descrever o conteúdo harmônico de uma determinada fonte é mostrar a magnitude (como porcentagem) e a frequência das ondas harmônicas que formam a onda resultante. Por exemplo, a Figura 12 ilustra as harmônicas mais notáveis de uma fonte de alimentação de modo comutada ou uma unidade de frequência variável de seis pulsos. As harmônicas ausentes não são mostradas porque são zero e não contribuem para a distorção.

É normal que a magnitude das harmônicas diminua à medida que a ordem da harmônica aumenta. Por causa disso, às vezes, harmônicas de ordem mais alta são ignoradas porque sua contribuição para o total é limitada.

Há várias métricas para ajudar a determinar e medir a distorção causada por harmônicas.

A distorção harmônica total (DHT)

é uma medida do valor efetivo dos componentes harmônicos de uma forma de onda distorcida.³ Pode ser calculada para corrente ou tensão, mas é mais frequentemente usada para descrever a distorção harmônica de tensão. É matematicamente calculada como a raiz quadrada da soma dos quadrados dos componentes harmônicos dividida pelo o componente fundamental. A DHT pode ser medida para um sistema existente ou calculada para um sistema proposto usando a seguinte equação:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} M_h^2}}{M_1}$$

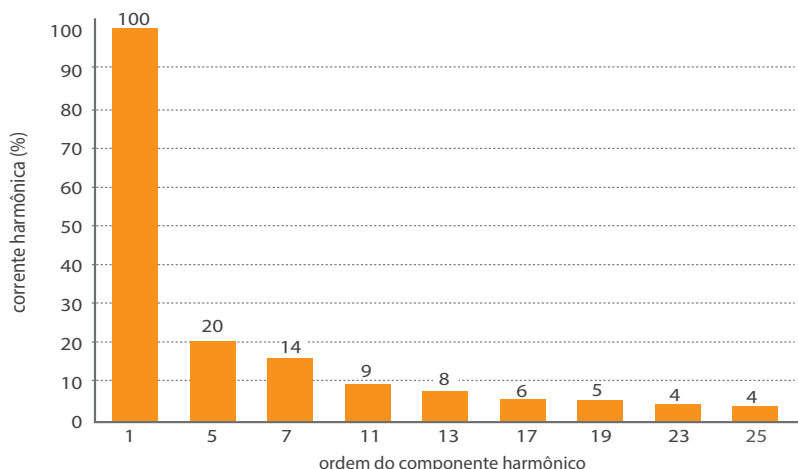
em que:

M_h = componente harmônico individual

M_1 = componente fundamental

M pode ser tensão ou corrente

Figura 12. Conteúdo harmônico da unidade de frequência variável típica de seis pulsos



No entanto, mesmo uma corrente pequena pode ter uma DHT elevada que pode enganar, porque pode não ter um impacto significativo se operar em condições de carga leve (como a unidade de velocidade variável). Como mencionado anteriormente, a distorção de corrente resulta em distorção de tensão. Há uma métrica similar usada para a corrente chamada **distorção de demanda total (DDT)**.

A DDT oferece melhor percepção, fornecendo *“a raiz quadrada da soma dos quadrados da distorção total da corrente harmônica, em porcentagem da corrente de carga de demanda máxima.”*⁴

Na maioria dos casos, não é preciso saber essas equações, mas é importante saber a diferença entre distorção de corrente e distorção de tensão.

Na prática, a DHT e o conteúdo harmônico da tensão e da corrente em um sistema elétrico são medidos por um analisador de qualidade de energia. O analisador mede o sistema elétrico de forma semelhante a um medidor de tensão e pode apresentar o conteúdo harmônico detalhado, bem como a DHT calculada.

Quanto é demais?

Quando se trata de harmônicas, é difícil determinar quanto pode ser demais. Calcular a DHT e a DDT de um sistema proposto é um processo complicado que exige muitas informações sobre o sistema e as cargas não lineares que ele servirá.

Embora seja grande o número de possíveis problemas que podem surgir a partir da distorção harmônica, é preciso lembrar que, em muitos casos, as harmônicas do sistema elétrico não causam nenhum problema. O potencial para problemas é baseado na quantidade de distorção harmônica presente, no tamanho do sistema elétrico e na sensibilidade do equipamento dentro do sistema a harmônicas.

Quando cargas não lineares são uma pequena fração (menos de 20%) da carga total, o potencial de causar problemas é muito baixo. Porém, à medida que cargas não lineares são adicionadas à rede, a possibilidade de surgirem problemas relacionados a harmônicas aumenta.

Pense nas harmônicas como as ondas causadas por uma pedra lançada em uma lagoa. Em uma lagoa grande, as ondas se dissipam ao longe e não fazem muito efeito sobre a superfície da água. Em uma lagoa pequena, as ondas alcançam as margens próximas e refletem de volta, resultando em um caos de ondas interagindo. Da mesma forma, o tamanho do sistema de distribuição e a “rigidez” ou “suavidade” do sistema elétrico influenciam o grau de harmônicas que afetam outros equipamentos. Um sistema grande com potência rígida não só reduz a flutuação de tensão que ocorre quando uma carga elétrica é adicionada ao sistema, como também reduz os efeitos disruptivos de harmônicas.⁵

A **norma IEEE® 519** é geralmente a mais mencionada quando limites recomendados para distorção harmônica são definidos. Seu objetivo principal é definir limites para a quantidade de distorção que um edifício pode colocar de volta na rede elétrica. A distorção colocada de volta na rede elétrica por um cliente pode afetar outros clientes da mesma rede. A norma define os limites recomendados de harmônicas no ponto de acoplamento comum (PAC), ou seja, a conexão elétrica entre o edifício e a rede elétrica (veja a barra lateral).

O que pode ser feito para controlar as harmônicas?

Do ponto de vista do proprietário de um edifício, pode ser difícil prever o impacto das harmônicas nos componentes elétricos e equipamentos do edifício. Todos os edifícios contêm cargas elétricas não lineares que estão gerando distorção harmônica, mas poucos sofrem algum efeito adverso. Isso não significa que as harmônicas podem ser ignoradas, porque há edifícios em que elas criam problemas.

A prevenção é garantida quando uma grande quantidade de carga não linear é adicionada a um sistema elétrico existente. Isso pode acontecer quando são feitos aprimoramentos que convertem cargas lineares em cargas não lineares para “economizar energia”.

Uma abordagem comum para evitar problemas causados pelas harmônicas é mitigar as harmônicas nos lugares onde elas surgem. Não é uma opção prática se a fonte da distorção harmônica for uma grande quantidade de pequenas cargas (por exemplo, computadores pessoais), mas, se o edifício tiver grandes cargas elétricas não lineares, pode fazer sentido.

Há muitos tipos de estratégias de mitigação que podem ser aplicadas no nível do equipamento com níveis variáveis de redução harmônica e custo. A quantidade de redução necessária depende das outras cargas não lineares do sistema e da sensibilidade de outros componentes e equipamentos às distorções harmônicas. Em resumo, pode ser um desafio determinar o quanto é preciso reduzir.

Limites recomendados pela norma IEEE 519.

Tabela 1. Limites de distorção de corrente para sistemas classificados entre 120 V e 69 kV.

	corrente de curto-circuito corrente de carga	Distorção de demanda total (DDT) limite	
grande carga em sistema pequeno	< 20	5%	limite da DDT mais restritivo
	20-50	8%	
	50-100	12%	
	100-1000	15%	
carga pequena em sistema grande	> 1.000	20%	limite da DDT menos restritivo

Tabela 2. Limites de distorção de tensão.

Tensão do barramento V no PAC	Harmônica individual (%)	Limite de distorção harmônica total (DHT)
Tensão do barramento V no PAC		
V < 1,0 kV	5,0	8%
1kV < V < 69 kV	3,0	5%
69 kV < V < 161 kV	1,5	2,5%
161 kV < V	1,0	1,5%*

*Sistemas de alta tensão podem ter uma DHT de até 2% em que a causa é um sistema de transmissão HVDC cujos efeitos serão atenuados em pontos da rede nos quais futuros usuários podem estar conectados.

Às vezes, os limites da IEEE 519 para o PAC são aplicados no nível do equipamento. É um requisito rigoroso a ser aplicado no nível do equipamento e pode adicionar custos desnecessários, mas pode ser fácil de especificar e pode reduzir o impacto que um aparelho pode ter no resto do equipamento dentro do sistema.

É possível desenvolver novos sistemas elétricos, como, por exemplo, neutros superdimensionados e transformadores desclassificados, para solucionar alguns problemas de superaquecimento causados por correntes harmônicas. Também é possível projetar sistemas com transformadores e outros dispositivos para reduzir a transmissão de harmônicas para outros equipamentos no sistema elétrico.

Considerações finais

A distorção harmônica nos sistemas elétricos aumenta com a elevação da porcentagem de cargas não lineares. A distorção nem sempre causa problemas, mas certamente pode causar. Conforme os problemas de distorção harmônica aumentam com a aceleração de dispositivos de economia de energia, as soluções para reduzir o conteúdo harmônico

também aumentam. Saber a origem da distorção harmônica é importante para entender os possíveis problemas e para determinar as soluções para as harmônicas em sistemas elétricos.

Por Dave Guckelberger, Bob Coleman e Chris Hsieh, Trane. Para assinar ou ver edições anteriores do Boletim de engenharia, acesse trane.com/EN. Envie seus comentários para ENL@trane.com.

Referências

- [1] A norma IEEE 519-2014 define limites aceitáveis para harmônicas em sistemas de energia elétrica. Para obter mais informações, acesse <http://standards.ieee.org>.
- [2] Site da BC Hydro. <https://www.bchydro.com/accounts-billing/rates-energy-use/electricity-rates/power-factor.html>
- [3] “Electrical Power Systems Quality” de Dugan, McGranaghan, Santoso e Beaty (ISBN 0-07-138622-X).
- [4] IEEE Std 519-2014 “IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems.”
- [5] Nebuda, C. e B. Bradley. “How VFDs Affect Genset Sizing.” *Engineers Newsletter* vol. 35-1. 2006.

Entre em contato com o representante local da Trane para ver o Boletim de engenharia 2018 AO VIVO.

Marque no seu calendário!

Decisões sobre o sistema resfriado a água. Muitas decisões sobre o sistema resfriado a água são tomadas durante o processo de projeto. Essas decisões levam a outras decisões específicas de aplicação do sistema, como tamanho e comprimento da linha de derivação, localização da bomba, tanque de gelo ou localização do chiller, uso de válvulas independentes de pressão, tamanho do tanque de armazenamento, controle de chillers em série etc. Esse Boletim de engenharia apresenta os motivos das decisões tomadas em relação ao projeto de muitos sistemas. (março)

Tecnologias de comunicação de controles. As recentes inovações no setor tornaram os protocolos de comunicação padrão e abertos que oferecem sistemas de controle flexíveis e interoperáveis mais predominantes atualmente. Esse Boletim de engenharia analisa vários protocolos de comunicação (usando tecnologias com e sem fio), discute onde cada um se aplica melhor e mostra como garantir que as expectativas do proprietário sejam atendidas. (Maio)

Ventilação controlada pela demanda. A mobilidade dos ocupantes de um edifício é um desafio para a ventilação: Arejar o edifício com ar externo suficiente para ajudar a garantir uma boa qualidade do ar interior sem gastar energia devido à entrada (e condicionamento) excessivos. Esse Boletim de engenharia discute vários métodos usados para variar o fluxo de ar para o exterior com base na demanda real. Ele também analisa os requisitos relacionados para a conformidade com as normas ASHRAE 62.1 e 90.1. (Novembro)

Entre em contato com o escritório local da Trane para obter informações detalhadas e para saber as datas.

Obtenha crédito para cursos de desenvolvimento profissional – sem custos e sob demanda!

NOVOS cursos on-line disponíveis!

Veja todos os cursos em www.trane.com/ContinuingEducation

O curso **Sistemas de ar de alto desempenho** apresenta as propriedades dos sistemas de ar de alto desempenho e fornece orientação sobre o projeto. Os tópicos incluem o dimensionamento correto e a seleção adequada de componentes, diretrizes de projeto de dutos, estratégias de controle de sistema, seleção para eficiência de carga parcial e muito mais.

O curso **Resposta à demanda em edifícios comerciais** trata das melhorias relevantes que a mudança de carga e a resposta à demanda podem oferecer, com exemplos dos tipos de empresas e programas de financiamento disponíveis.

A Trane e o logotipo Circle são marcas registradas da Trane nos Estados Unidos e em outros países. IEEE é uma marca registrada do Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Todas as marcas registradas mencionadas são marcas comerciais de seus respectivos proprietários.



Para obter mais informações, entre em contato com o escritório local da Trane ou envie um e-mail para comfort@trane.com

Este boletim tem fins meramente informativos e não constitui aconselhamento jurídico. A Trane acredita que os fatos e sugestões apresentados aqui são precisos. No entanto, as decisões finais de projeto e aplicação são de sua responsabilidade. A Trane isenta-se de qualquer responsabilidade por ações tomadas com relação ao material apresentado.