

# Sete tipos de problemas no fornecimento

## Relatório interno 18

Revisão 1

Por Joseph Seymour  
Terry Horsley

### > Resumo executivo

Muitos dos mistérios das falhas dos equipamentos, o tempo de inatividade, o prejuízo de software e dados, são resultado de uma fonte de alimentação problemática. Também existe um problema comum para descrever em forma padrão os problemas com o fornecimento. Este relatório interno vai descrever os tipos mais comuns de perturbações energéticas, por que são provocadas, o que podem causar aos seus equipamentos de missão crítica e como protegê-los, utilizando os standards do IEEE para descrever problemas de qualidade do fornecimento.

### Conteúdo

*clique em uma seção para ter acesso a ela*

Introdução	2
Transitórios	4
Interrupções	8
Afundamento de tensão / sub-tensão	10
Elevação de tensão / sobre-tensão	11
Distorção da forma de onda	12
Flutuações de tensão	16
Variações de frequência	16
Conclusões	19
Recursos	20
Apêndice	21

## Introdução

O nosso mundo tecnológico se tornou totalmente dependente da disponibilidade contínua de fornecimento elétrico. Na maior parte dos países, o fornecimento elétrico comercial é oferecido através de redes nacionais, que interconectam as cargas com numerosas estações geradoras. A rede deve atender as necessidades básicas nacionais de iluminação, aquecimento, refrigeração, ar condicionado e transporte residenciais, bem como o fornecimento crítico a comunidades governamentais, industriais, financeiras, comerciais, médicas e de comunicações. Literalmente, o fornecimento elétrico comercial permite ao mundo moderno atual funcionar a seu passo acelerado. A tecnologia sofisticada penetrou profundamente nos nossos lares e profissões, e com a chegada do comércio eletrônico continuamente está mudando o modo em que interagimos com o resto do mundo.

A tecnologia inteligente exige um fornecimento livre de interrupções ou perturbações. As conseqüências dos incidentes no fornecimento em grande escala estão bem documentadas. Um estudo recente nos Estados Unidos demonstrou que as firmas industriais e comerciais digitais estão perdendo 45,700 bilhões de dólares por ano como conseqüência de interrupções no fornecimento.<sup>1</sup> Em todos os setores comerciais, o prejuízo é calculado entre 104 e 164 bilhões de dólares como conseqüência das interrupções, e outros 15 a 24 bilhões de dólares como conseqüência de outros problemas de qualidade no fornecimento. No processamento industrial automático, linhas inteiras de produção podem se descontrolar, criando situações perigosas para o pessoal da unidade e um custoso desperdício de materiais. A perda de processamento em uma grande corporação financeira pode custar milhares de dólares irrecuperáveis por minuto de tempo de inatividade, bem como muitas horas posteriores de tempo de recuperação. O prejuízo de programas e dados causado por uma interrupção no fornecimento pode provocar problemas nas operações de recuperação de software que pode demorar semanas até ser resolvido.

Muitos problemas no fornecimento são originados na rede de fornecimento elétrico comercial, que com seus milhares de milhas de linhas de transmissão, está submetida a condições climáticas como furacões, tormentas com raios, neve, gelo e inundações, juntamente com falhas dos equipamentos, acidentes de trânsito e grandes operações de conexão. Do mesmo modo, os problemas no fornecimento que afetam os equipamentos tecnológicos atuais freqüentemente são gerados em forma local dentro de uma instalação a partir de diversas situações, como construção local, grandes cargas de partida, componentes com defeito de distribuição e até o típico ruído elétrico de fundo.

### Acordar termos comuns é o primeiro passo para tratar das perturbações energéticas

O uso generalizado de componentes eletrônicos em tudo o que está em volta, de equipamentos eletrônicos domésticos até o controle de processos industriais massivos e custosos, fez com que se tomasse mais consciência sobre a qualidade do fornecimento. A qualidade do fornecimento, ou mais especificamente, uma perturbação na qualidade do fornecimento, é definida em geral como qualquer alteração no fornecimento (tensão, corrente ou freqüência) que interfere com o funcionamento normal do equipamento elétrico.

O estudo da qualidade do fornecimento e as formas de controlá-la é um assunto de interesse para as empresas fornecedoras de eletricidade, grandes empresas industriais, lojas e até usuários residenciais. O estudo se tornou mais intenso à medida que os equipamentos se tornaram cada vez mais sensíveis a alterações, mesmo mínimas, na tensão, corrente e freqüência do fornecimento. Infelizmente, diferente terminologia foi utilizada para descrever

<sup>1</sup> "The Cost of Power Disturbances to Industrial & Digital Economy Companies", Relatório interno com copyright 2001, Electric Power Research Institute.

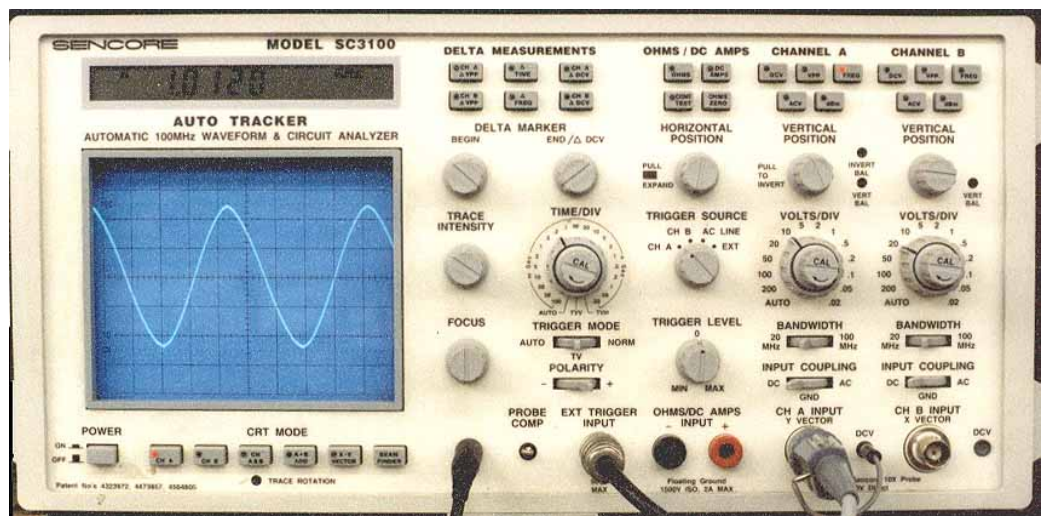
muitas das perturbações energéticas existentes, fato que cria confusão e faz com que seja mais difícil debater, estudar e gerar mudanças nos problemas atuais de qualidade do fornecimento de maneira eficaz. O Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) tentou abordar este problema e desenvolveu um standard que inclui definições de perturbações energéticas. O standard (Estándar 1159-1995 do IEEE, "Prática recomendada pelo IEEE para o monitoramento da qualidade de fornecimento elétrico") descreve muitos problemas de qualidade de fornecimento. Este relatório tratará dos mais comuns.

### Como pode ser observada a eletricidade?

A eletricidade na tomada de parede é um fenômeno eletromagnético. O fornecimento elétrico comercial é realizado como corrente alternada (CA), uma fonte silenciosa e em aparência ilimitada de energia que pode ser gerada em centrais elétricas, cuja tensão se eleva mediante transformadores, e entregue a centenas de milhas para qualquer local da região. Ver o que esta energia faz em breves períodos de tempo pode ajudar a entender a importância de o fornecimento de CA ser simples e contínuo para um funcionamento confiável dos sistemas sofisticados dos quais dependemos. Um osciloscópio nos permite apreciar como se vê esta energia. Em um mundo perfeito, o fornecimento elétrico de CA comercial aparece como uma onda senoidal contínua e simétrica, que varia a 50 ou 60 ciclos por segundo (Hertz, ou Hz) conforme em que parte do mundo ela se encontrar. A **Figura 1** ilustra como seria vista uma onda senoidal média de CA em um osciloscópio.

**Figura 1**

*Imagem de uma onda senoidal no osciloscópio*



A forma da onda senoidal ilustrada anteriormente representa uma tensão que varia de um valor positivo para outro negativo, 60 vezes por segundo. Quando esta forma de onda fluida muda de tamanho, forma, simetria ou freqüência, ou tem cortes intermitentes, impulsos, ressonância ou desce até zero (mesmo que seja brevemente), existe uma perturbação energética. Neste relatório são incluídos diagramas simples representativos de mudanças na forma ideal da onda senoidal ilustrada anteriormente para as sete categorias de perturbações na qualidade de fornecimento que serão tratadas.

Como já foi indicado, existe ambigüidade na indústria elétrica e na comunidade comercial no uso de terminologia para descrever as diferentes perturbações energéticas. Por exemplo, um setor da indústria considera que o termo "sobretensão" significa um aumento momentâneo da tensão como o que tipicamente provocaria a desconexão de uma grande carga. Por outro lado, o uso do termo "sobretensão" também pode ser interpretado como uma tensão transitória que dura de microssegundos a apenas uns poucos milissegundos com valores máximos muito altos. Estes últimos costumam ser associados com quedas de raios e eventos de conexão que criam centelhas ou arcos entre contatos.

O standard 1100-1999 do IEEE abordou o problema da ambigüidade na terminologia, e recomendou que muitos termos de uso comum não sejam utilizados em relatórios e referências profissionais, dada sua incapacidade de descrever com precisão a natureza do problema. O standard 1159-1995 do IEEE também aborda este problema com o objetivo de proporcionar uma terminologia consistente para informar acerca da qualidade de fornecimento da comunidade profissional. Alguns desses termos ambíguos são os seguintes:

Apagão	Afundamento de tensão	Queda de tensão
Sobretensão (Power surge)	Fornecimento limpo	Sobretensão breve ( <i>Surge</i> )
Corte prolongado do serviço	Intermitência	Fornecimento sujo
Deslocamento da freqüência	Imperfeição técnica	Sobretensão prolongada( <i>Spike</i> )
Potência em estado original	Potência da rede no seu estado original	Oscilação

Poder falar com correção sobre o fornecimento, como saber a diferença entre uma interrupção e um transitório oscilatório, poderia ser muito útil no momento de decidir a compra de dispositivos de correção de fornecimento. Um engano na comunicação pode ter consequências custosas quando é adquirido um dispositivo de correção de fornecimento inadequado para suas necessidades, o que inclui tempos de inatividade, salários perdidos e inclusive prejuízos nos equipamentos.

As perturbações na qualidade do fornecimento definidas pelo standard do IEEE e incluídas neste relatório foram organizadas em sete categorias, conforme a forma da onda:

1. Transitórios
2. Interrupções
3. Afundamento de tensão / subtensão
4. Elevação de tensão / sobretensão
5. Distorção da forma de onda
6. Flutuações de tensão
7. Variações de freqüência

Este relatório adota estas categorias e inclui gráficos, que servirão para esclarecer as diferenças entre cada uma das perturbações na qualidade de fornecimento.

## 1. Transitórios

Os transitórios, que são potencialmente o tipo de perturbação energética mais prejudicial, são divididos em duas subcategorias:

1. Impulsivos
2. Oscilatórios

### Impulsivos

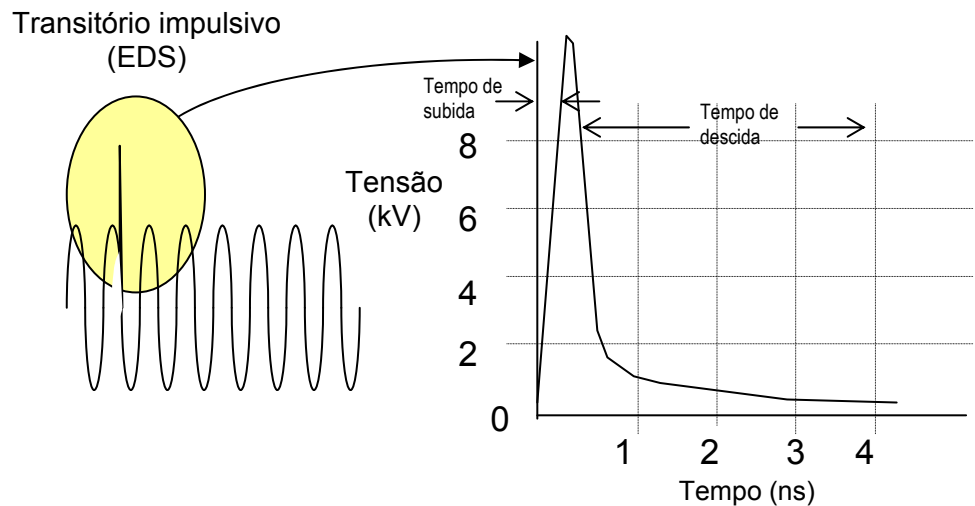
Os transitórios impulsivos são eventos repentinos de pico alto que elevam a tensão e/ou os níveis de corrente em direção positiva ou negativa. Este tipo de eventos pode ser classificado com maior exatidão pela velocidade em que ocorre (rápida, média e lenta). Os transitórios impulsivos podem ser eventos muito rápidos (5 nanossegundos [ns] de tempo de subida do estado estável até o pico do impulso) de uma duração breve (menos de 50 ns).

Nota: [1000 ns = 1  $\mu$ s] [1000  $\mu$ s = 1 ms] [1000 ms = 1 segundo]

Um exemplo de transitório impulsivo positivo causado por um evento de descarga eletrostática é apresentado na **Figura 2**.

**Figure 2**

*Transitório impulsivo positivo*



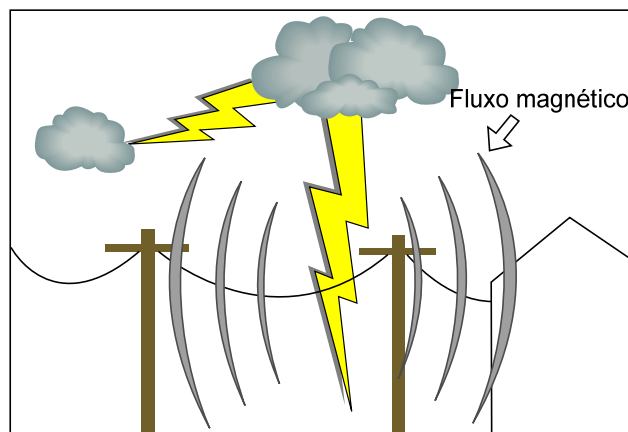
O transitório impulsivo é referido pela maioria das pessoas quando dizem que houve uma sobretensão ou pico. Muitos termos diferentes foram utilizados, como queda de tensão, imperfeição técnica, sobretensão ou pico, para descrever transitórios impulsivos.

As causas dos transitórios impulsivos incluem raios, aterramento deficiente, ligação de cargas indutivas, liberação de falhas da rede elétrica e ESD (descarga eletrostática). Os resultados podem ir da perda (ou prejuízo) de dados até o prejuízo físico dos equipamentos. De todas estas causas, o raio é provavelmente a mais prejudicial.

O problema dos raios se reconhece facilmente quando ocorre uma tempestade elétrica. A quantidade de energia necessária para iluminar o céu noturno sem dúvida pode destruir equipamentos sensíveis. Ainda mais, não é necessário o impacto direto de um raio para causar prejuízos. Os campos eletromagnéticos, Figura 3, criados pelos raios podem causar grande parte dos prejuízos potenciais ao induzir corrente para as estruturas condutivas próximas.

**Figura 3**

*Campo magnético criado por queda de raio*



Dois dos métodos de proteção mais viáveis contra os transitórios impulsivos consistem na eliminação da ESD potencial, e o uso de dispositivos de supressão de sobretensões (popularmente conhecidos como Supressores de sobretensão transitória: TVSS, ou Dispositivo de proteção contra sobretensões: SPD).

Enquanto que uma ESD pode gerar um arco no seu dedo sem lhe causar prejuízo, além de lhe provocar uma leve surpresa, é mais do que suficiente para queimar toda a placa mãe de um computador e fazer com que ele não funcione mais. Nos centros de dados, instalações de fabricação de placas de circuito impresso ou ambientes similares onde as placas de circuito impresso estão expostas a manuseio humano, é importante eliminar a possibilidade de uma ESD acontecer. Por exemplo, quase qualquer ambiente apropriado de um centro de dados requer do condicionamento do ar. Condicionar o ar não é simplesmente resfriá-lo para ajudar a eliminar o calor dos equipamentos do centro de dados, mas também regular a quantidade de umidade no ar. Manter a umidade no ar entre 40-55% diminuirá as possibilidades de uma ESD acontecer. Provavelmente, você já experimentou como a umidade afeta a possibilidade de uma ESD acontecer, se durante o inverno (quando o ar é muito seco) ao arrastar os pés com meias por um tapete se produz inesperadamente um tremendo arco que vai do dedo da mão até a maçaneta da porta que ia abrir, ou não inesperadamente se ia tocar na orelha de alguma pessoa. Outra coisa que você verá nos ambientes de placas de circuito impresso, como veria em qualquer loja pequena de reparo de computadores, são acessórios e equipamento que mantêm o aterramento do corpo humano. Estes equipamentos incluem pulseiras, tapetes, mesas e calçado antiestático. A maioria destes acessórios e equipamentos estão conectados a um fio conectado à massa do estabelecimento, que protege as pessoas contra choques elétricos e também dissipa uma possível ESD a terra.

Os SPD são utilizados há muitos anos. Estes dispositivos ainda são utilizados na atualidade nos sistemas da rede elétrica –além dos dispositivos para grandes instalações e centros de dados– como também para uso diário em lojas pequenas e casas; sua performance melhora com os avanços na tecnologia de varistor de metal óxido (MOV). Os MOV permitem uma supressão consistente dos transitórios impulsivos, as elevações de tensão e outras condições de alta tensão, e podem ser combinados com dispositivos de disparo térmico como disjuntores, termistores e outros componentes como tubos de gás e tiristores. Em alguns casos, os circuitos dos SPD são incorporados nos dispositivos elétricos, como fontes de alimentação de computadores com capacidades de supressão incorporadas. Comumente, são utilizados em dispositivos independentes de supressão de sobretensão, ou incluídos em UPS para oferecer supressão de sobretensão e alimentação à bateria de emergência, caso aconteça uma interrupção (ou quando os níveis de fornecimento se encontram fora dos limites das condições de fornecimento nominais ou seguras).

A conexão em cascata dos dispositivos SPD e UPS é o método mais efetivo de proteção contra as perturbações energéticas para os equipamentos eletrônicos. Utilizando esta técnica, um dispositivo SPD é colocado na entrada de serviço e dimensionado para dissipar grande parte da energia proveniente de qualquer transitório entrante. Os posteriores dispositivos no subpainel elétrico e no equipamento sensível em si bloqueiam a tensão a um nível que não prejudica nem perturba o equipamento. Deve dar-se especial atenção ao dimensionamento tanto do valor nominal da tensão como do valor nominal de dissipação de energia destes dispositivos, e à coordenação dos mesmos para um funcionamento eficaz. Do mesmo modo, deve dar-se atenção à efetividade do dispositivo de supressão de sobretensão, caso o MOV atinja o ponto de falha. Apesar de um MOV ser consistente nas suas capacidades de supressão de sobretensão ao longo do tempo, de qualquer maneira ele se degrada com o uso, ou pode falhar se sua taxa de supressão efetiva é excedida. É importante que se o MOV perdeu utilidade, os SPD tenham a capacidade de cortar o circuito e evitar que qualquer anomalia prejudicial do fornecimento chegue aos equipamentos que protege. Para mais informação sobre este tema, consulte o relatório interno 85 da APC, *Proteção contra transitórios na linha de dado*.

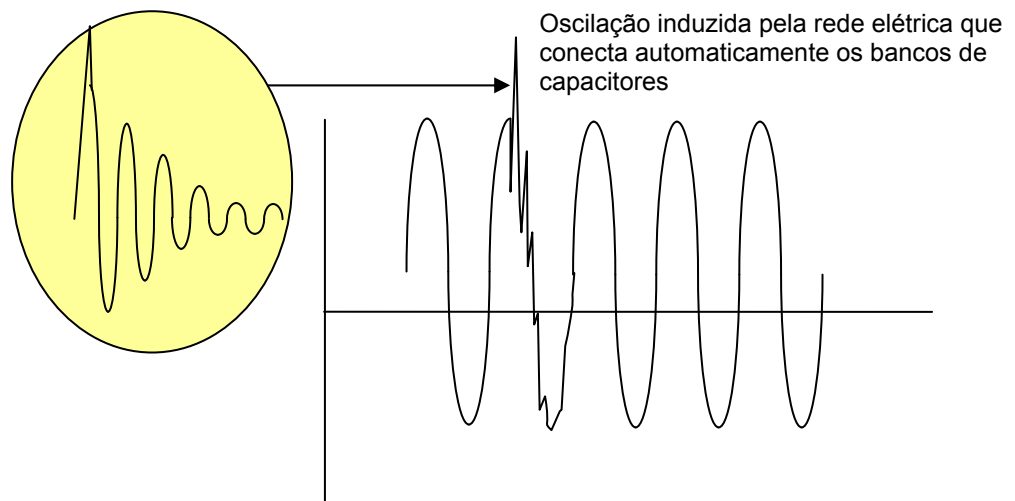
## Oscilatórios

Um transitório oscilatório é uma alteração repentina na condição de estado estável da tensão ou da corrente de um sinal, ou de ambos, tanto nos limites positivo como negativo do sinal, que oscila para a frequência natural do sistema. Em termos simples, o transitório faz com que o sinal de fornecimento produza uma elevação de tensão e depois uma queda de tensão em forma alternada e muito rápida. Os transitórios oscilatórios costumam descer até zero dentro de um ciclo (oscilação descendente).

Estes transitórios ocorrem quando uma carga indutiva ou capacitiva é fechada, como um motor ou um banco de capacitores. O resultado disso é um transitório oscilatório porque a carga resiste à alteração. Isto é semelhante ao que acontece quando uma torneira que fluía com rapidez é fechada e se ouve um barulho na tubulação. A água que flui resiste à mudança, e acontece, em fluido, o equivalente a um transitório oscilatório.

Por exemplo, ao desligar um motor em rotação, ele se comporta brevemente como um gerador à medida que perde energia, e por causa disso produz eletricidade e a envia através da distribuição elétrica. Um sistema de distribuição elétrica grande pode atuar como um oscilador quando o fornecimento é conectado ou desconectado, dado que todos os circuitos possuem alguma indutância inerente e capacitância distribuída que brevemente é energizada em forma descendente.

Quando os transitórios oscilatórios aparecem em um circuito energizado, geralmente como consequência de operações de conexão da rede elétrica (especialmente quando os bancos de capacitores são conectados em forma automática ao sistema), podem ser muito perturbadores para os equipamentos eletrônicos. A Figura 4 ilustra um Transitório oscilatório típico de baixa frequência atribuível à energização dos bancos de capacitores



**Figura 4**

*Transitório oscilatório*

O problema mais reconhecido associado à conexão de capacitores e seu transitório oscilatório é o disparo de mecanismos de velocidade regulável (ASD). O transitório relativamente lento provoca uma elevação na tensão de enlace de CC (a tensão que controla a ativação do ASD) que faz com que o mecanismo se dispare fora de linha com uma indicação de sobretensão.

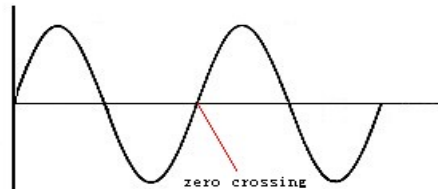
Uma solução comum para o disparo dos capacitores é a instalação de reatores ou bobinas de choque de linha que amortecem o transitório oscilatório até um nível aceitável. Estes reatores podem ser instalados na frente do mecanismo ou sobre o enlace de CC e estão

disponíveis como uma característica standard ou como uma opção na maioria dos ASD. (Nota: os dispositivos ASD serão desenvolvidos com mais detalhes na seção de interrupções incluída mais adiante).

Outra solução incipiente para os problemas de transitórios na conexão de capacitores é o detector de Cruzamento de zero. O cruzamento de zero se produz quando o arco de uma onda senoidal desce e alcança o nível zero (antes de se transformar em negativa), como é mostrado na **Figura 5**. Um transitório causado pela conexão de capacitores terá uma magnitude maior quanto mais longe acontecer a conexão da sincronização de cruzamento de zero da onda senoidal. Um detector de cruzamento de zero soluciona este problema monitorando a onda senoidal para garantir que a conexão dos capacitores aconteça o mais próxima possível da sincronização de cruzamento de zero da onda senoidal.

**Figura 5**

*Cruzamento de zero*



Obviamente, os sistemas UPS e MOV são também muito eficazes para reduzir os danos que possam causar os transitórios oscilatórios, especialmente entre os equipamentos comuns de processamento de dados, como os computadores em rede. Porém, os dispositivos MOV e UPS às vezes não podem evitar os transitórios oscilatórios entre sistemas que podem ser evitados por um Detector de cruzamento de zero e/ou dispositivo tipo bobina de choque em equipamentos especializados, como as máquinas de unidades de fabricação e seus sistemas de controle.

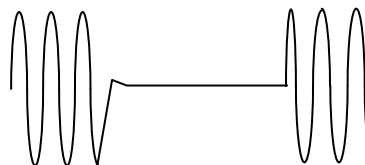
## 2. Interrupções

Uma interrupção (Figura 6) é definida como a perda total de tensão de potência ou corrente de carga. Conforme sua duração, uma interrupção é classificada como instantânea, momentânea, temporária ou sustentada. A categoria de duração para os tipos de interrupção é a seguinte:

Instantânea	0,5 a 30 ciclos
Momentânea	30 ciclos a 2 segundos
Temporária	2 segundos a 2 minutos
Sustentada	maior a 2 minutos

**Figura 6**

*Interrupção momentânea*



As causas das interrupções podem ser várias, mas geralmente são o resultado de algum tipo de dano na rede de fornecimento elétrico, como quedas de raios, animais, árvores, acidentes veiculares, condições atmosféricas destrutivas (ventos fortes, grande quantidade de neve ou gelo sobre as linhas, etc.), falha dos equipamentos ou disparo do disjuntor básico. Apesar de que a infra-estrutura da rede elétrica é desenhada para compensar em forma automática muitos destes problemas, não é infalível.

Um dos exemplos mais comuns do que pode causar uma interrupção nos sistemas de fornecimento elétrico comercial são os dispositivos de proteção da rede elétrica, como os



reconectores automáticos de circuito. Os reconectores determinam a duração da maioria das interrupções, conforme a natureza da falha. Os reconectores são dispositivos utilizados pelas empresas públicas de eletricidade para detectar o aumento da corrente proveniente de um curto-circuito na infra-estrutura da rede elétrica, e para desconectar o fornecimento quando isto acontece. Após um tempo determinado, o reconector retornará o fornecimento, visando a eliminação do material que provocou o curto-circuito (este material costuma ser o galho de uma árvore, ou um animal pequeno preso entre a linha e a descarga a terra).

Provavelmente, você já tenha experimentado uma interrupção no fornecimento de eletricidade na sua casa (todas as luzes e equipamentos eletrônicos), que poucos minutos depois retorna, enquanto você está acendendo velas. Obviamente, que falte a eletricidade na sua casa, mesmo que a interrupção dure a noite toda, pode ser apenas um problema menor, mas pode ocasionar grandes despesas para as lojas.

Uma interrupção, seja ela instantânea, momentânea, temporária ou sustentada, pode causar transtornos, danos e tempo de inatividade, tanto para o usuário doméstico como para o usuário industrial. Um usuário de computador doméstico ou de uma pequena empresa poderia perder dados valiosos quando é prejudicada a informação por perda de fornecimento ao equipamento. Provavelmente, mais prejudicial é a perda que pode sofrer o cliente industrial como consequência das interrupções. Muitos processos industriais contam com o movimento constante de certos componentes mecânicos. Quando estes componentes desligam em forma repentina como consequência de uma interrupção, os equipamentos podem sofrer danos e até serem destruídos, gerando custos associados com o tempo de inatividade, limpeza e nova entrada em funcionamento. Por exemplo, um cliente industrial que produz fiações sofre uma interrupção momentânea que pode provocar o "escapamento" do processo de extrusão de fiação, dando como resultado um excessivo desperdício e tempo de inatividade. A fiação deve ser extrudada a uma velocidade e consistência determinadas para o produto final atingir a qualidade e tipo esperados. A fiação fora das especificações deve ser retirada da fiadora e as linhas de fiação devem ser armadas novamente. Como é possível imaginar, isto provoca um grande esforço e gera enormes tempos de inatividade. Do mesmo modo, existem desperdícios como consequência de uma certa quantidade de fiação estragada.

As soluções para evitar as interrupções variam tanto em eficiência quanto em custo. O primeiro esforço deveria ser eliminar ou reduzir a probabilidade de problemas potenciais. Obviamente, o bom design e manutenção dos sistemas da rede elétrica resultam essenciais. O mesmo é aplicado ao design de sistema do cliente industrial, que frequentemente é tão extensivo e vulnerável como o sistema da rede elétrica.

Uma vez reduzido o potencial de problemas, são necessários equipamentos ou métodos de design adicionais para permitir que os equipamentos ou o processo do cliente resistam (permaneçam funcionando em forma constante durante perturbações na qualidade do fornecimento) ou que sejam reiniciados depois (e durante) interrupções inevitáveis. Os dispositivos de redução empregados mais comuns são os sistemas de energia contínua (UPS), os motogeradores e o uso de técnicas de design de sistemas que aproveitam os sistemas redundantes e o armazenamento de energia. Quando a eletricidade sofre uma interrupção, estas formas de energia alternativa podem solucionar o problema. Qualquer pessoa que tenha um computador portátil viu um exemplo disto. Quando o computador portátil é ligado, recebe a energia da tomada de parede e um pouco de energia passa para a bateria interna do computador para carregá-lo. Quando o computador portátil é desligado, a bateria se encarrega de fornecer energia contínua ao computador em forma instantânea. Avanços recentes na tecnologia de ligação permitiram a utilização de sistemas de armazenamento de energia de reserva em menos de meio ciclo.

O termo "interrupção sustentada" descreve uma situação em um sistema de rede elétrica comercial na qual os dispositivos automáticos de proteção, pela natureza da falha, não podem retornar o fornecimento, e é necessária uma intervenção manual. Esta terminologia

descreve a situação com mais precisão que o termo “corte” utilizado comumente. O termo “corte” na realidade se refere ao estado de um componente no sistema que parou de funcionar como se esperava (Standard 100-1992 do IEEE).

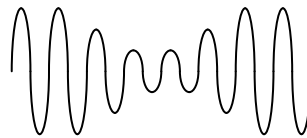
Provavelmente seja seguro dizer que está acontecendo uma interrupção sustentada se o fornecimento falta durante mais de dois minutos, e pouco depois chegam caminhões da empresa de eletricidade para reparar as linhas externas da rede elétrica.

### 3. Afundamento de tensão / sub-tensão

Um afundamento de tensão (**Figura 7**) é uma redução da tensão de CA a uma frequência dada com uma duração de 0,5 ciclos a 1 minuto. Os afundamentos de tensão costumam ser provocados por falhas do sistema, e freqüentemente também são o resultado de cargas ligadas com altas correntes de partida.

**Figura 7**

*Afundamento de tensão*



As causas freqüentes dos afundamentos de tensão incluem a ligação de grandes cargas (como a que é possível ver quando uma unidade grande de ar condicionado é ativada pela primeira vez) e a liberação remota de falhas pelos equipamentos da rede elétrica. Em forma similar, a partida de grandes motores dentro de uma unidade industrial pode acarretar uma queda significativa da tensão (afundamento de tensão). Um motor pode consumir seis vezes sua corrente operacional normal, ou mais, no momento da partida. A criação de uma grande carga elétrica repentina como esta com certeza causará uma queda significativa de tensão no resto do circuito no qual reside. Imagine se uma pessoa abrisse todas as torneiras de água da sua casa enquanto alguém está tomando banho. A água provavelmente sairia fria e a pressão da água diminuiria. Obviamente, para solucionar este problema, poderia ter um segundo esquentador de água só para o chuveiro. O mesmo é aplicado aos circuitos com grandes cargas de partida que criam um grande consumo de corrente de entrada.

Ainda que possa ser a solução mais eficaz, acrescentar um circuito dedicado para grandes cargas de partida talvez nem sempre seja prático ou econômico, especialmente se um estabelecimento completo tem muitas cargas grandes de partida. Outras soluções para as grandes cargas de partida incluem fontes alternativas de partida de energia que não carregam o resto da infra-estrutura elétrica na partida de motores, como chaves de partida de tensão reduzida, seja com autotransformadores ou configurações de estrela-triângulo. Também está disponível uma chave de partida suave do tipo estado sólido, eficaz para reduzir o afundamento de tensão quando um motor entra em funcionamento. Mais recentemente, foram utilizados mecanismos de velocidade regulável (ASD), que variam a velocidade de um motor de acordo com a carga (juntamente com outros usos), para controlar o processo industrial em forma mais eficiente e econômica, e, como benefício adicional, solucionam o problema de partida de grandes motores.

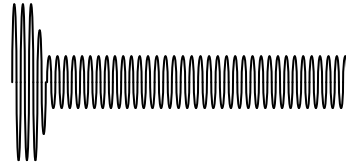
Como foi mencionado na seção de interrupções, a tentativa da infra-estrutura da rede elétrica liberar as falhas remotas pode causar problemas aos usuários finais. Quando este problema é mais evidente, ele é visto como uma interrupção. No entanto, também pode se manifestar como um afundamento de tensão para problemas que são solucionados mais rapidamente ou que se repetem em forma momentânea. Algumas das mesmas técnicas que foram utilizadas para tratar das interrupções podem ser utilizadas para tratar dos afundamentos de tensão: equipamentos UPS, motogeradores e técnicas de design de sistema. Porém, algumas vezes os danos causados por afundamentos de tensão não são evidentes até se

observarem os resultados no tempo (equipamentos e dados prejudicados, erros no processamento industrial).

Ainda sendo um serviço numa etapa precoce, atualmente algumas redes elétricas oferecem análises de afundamento de tensão de processos industriais como serviço de valor agregado para seus clientes. É possível fazer uma análise de afundamento de tensão para determinar em que níveis de afundamento de tensão os equipamentos podem ou não funcionar. À medida que estudos são realizados e identificados estes pontos fracos, é coletada, analisada e enviada a informação para os fabricantes de equipamentos, de forma que eles possam melhorar a capacidade de resistência dos seus equipamentos.

### Subtensão

As subtensões (**Figura 8**) são o resultado de problemas de longa data que criam afundamentos de tensão. A expressão “afundamento de tensão” foi comumente utilizada para descrever este problema, e foi substituída pelo termo subtensão. O afundamento de tensão é ambíguo porque também se refere à estratégia de entrega de fornecimento elétrico comercial durante períodos de alta demanda prolongada. As subtensões podem criar o superaquecimento de motores, e podem conduzir à falha de cargas não lineares como fontes de alimentação de computadores. A solução dos afundamentos de tensão também é aplicada para as subtensões. Porém, uma UPS com capacidade de regular tensão mediante o uso de um inversor antes de utilizar energia de bateria evitará a necessidade de substituir com tanta frequência as baterias da UPS. E mais importante ainda, se uma subtensão permanece constante, pode ser sinal de uma falha grave do equipamento, de um problema de configuração, ou da necessidade de verificar o fornecimento da rede elétrica.

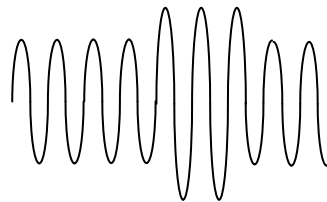


**Figura 8**

*Subtensão*

## 4. Elevação de tensão / sobre-tensão

Uma elevação de tensão (**Figura 9**) é a forma inversa a um afundamento de tensão, tendo um aumento na tensão de CA com uma duração de 0,5 ciclos a 1 minuto. Elevações de tensão usualmente resultam de conexões neutras de alta impedância, reduções repentinas de carga (especialmente de carga alta) e falha monofásica sobre um sistema trifásico.



**Figura 9**

*Elevação de tensão*

O resultados podem ser erros de dados, oscilação de luzes, degradação de contatos elétricos, dano a semicondutores em equipamentos eletrônicos e degradação do isolamento. Os condicionadores de linha de fornecimento, os sistemas UPS e os transformadores de “controle” ferroressonante são soluções comuns.

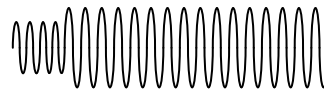
Do mesmo modo que os afundamentos de tensão, as elevações de tensão podem não ser evidentes até serem vistos seus resultados. Os dispositivos UPS e/ou de condicionamento de energia que também monitoram e registram os eventos energéticos entrantes ajudarão a medir o momento e a frequência com que ocorrem estes eventos.

### Sobretensão

As sobretensões (Figura 10) podem ser o resultado de problemas de longa data que criam elevações de tensão. Uma sobretensão pode ser considerada uma elevação de tensão prolongada. As sobretensões também são freqüentes em áreas onde os valores de referência dos taps do transformador de fornecimento estão mal configurados e as cargas foram reduzidas. Isto é comum em regiões sazonais onde as comunidades reduzem o uso de energia fora de temporada, e continua sendo fornecido o mesmo valor, mesmo quando a necessidade de fornecimento é muito menor. É como colocar o dedão sobre o extremo de uma mangueira de jardim. A pressão aumenta porque o orifício por onde a água sai diminuiu, ainda que a quantidade de água que sai da mangueira continue sendo a mesma. As condições de sobretensão podem criar um consumo de alta corrente e provocar o disparo desnecessário dos disjuntores de downstream, além de sobreaquecimento e tensão dos equipamentos.

**Figura 10**

*Sobretensão*



Dado que uma sobretensão é, na verdade, uma elevação de tensão constante, a mesma UPS ou o equipamento de condicionamento que funciona para as elevações de tensão funcionará para as sobretensões. Porém, se a alimentação entrante se encontrar constantemente em condição de sobretensão, também pode ser necessário corrigir o fornecimento da rede no seu estabelecimento. Os mesmos sintomas das elevações de tensão também são aplicados às sobretensões. Dado que as sobretensões podem ser mais constantes, o calor excessivo pode ser uma indicação externa de sobretensão. Os equipamentos (sob condições ambientais e de uso normais), que normalmente produzem certa quantidade de calor, de repente podem aumentar sua saída calorífica devido à tensão causada por uma sobretensão. Isto pode ser prejudicial em um ambiente de centro de dados sumamente compacto. O calor e seus efeitos sobre os centros de dados atuais, com seus ambientes sumamente compactos como os que possuem servidores Blade, é um tema que preocupa muito à comunidade informática.

## 5. Distorção da forma de onda

Existem cinco tipos principais de distorção de forma de onda:

1. Nível de CC
2. Harmônica
3. Inter-harmônica
4. Notching
5. Ruído

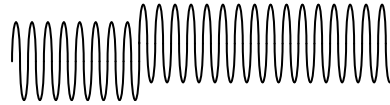
### Nível de CC

A corrente contínua (CC) pode ser induzida a um sistema de distribuição de CA, freqüentemente como consequência da falha de retificadores dentro das diversas tecnologias de

conversão CA para CC que proliferaram nos equipamentos modernos. A CC pode transpor o sistema de fornecimento de CA e acrescentar corrente indesejada a dispositivos que já estão funcionando no seu nível nominal. O superaquecimento e a saturação dos transformadores podem ser o resultado da circulação de correntes CC. Quando um transformador sofre saturação não apenas esquentam mas também é incapaz de entregar plena potência para a carga, e a conseqüente distorção de forma de onda pode criar uma maior instabilidade nos equipamentos de carga eletrônica. Um nível de CC é ilustrado na **Figura 11**.

### Figura 11

Nível de CC



A solução para os problemas de nível de CC é a substituição do equipamento defeituoso que é fonte do problema. Possuir equipamentos muito modulares e substituíveis pelo usuário pode incrementar em grande medida a facilidade de resolver problemas de nível de CC causados por um equipamento defeituoso, com um custo menor àquele que costuma ser necessário com mão de obra de reparo especializada.

### Harmônica

A distorção harmônica (**Figura 12**) é a corrupção da onda senoidal fundamental para freqüências que são múltiplos da fundamental (por exemplo, 180 Hz é a terceira harmônica de uma freqüência fundamental de 60 Hz;  $3 \times 60 = 180$ ).

Os sintomas de problemas da harmônica incluem transformadores, condutores neutrais e outros equipamentos de distribuição elétrica superaquecidos, bem como o disparo de disjuntores e a perda de sincronização nos circuitos de cronometragem que dependem de um disparador de onda senoidal limpa em um ponto de cruzamento de zero.

A distorção harmônica era um problema importante dos equipamentos de TI, pela natureza das fontes de alimentação comutada (SMPS). Estas cargas não lineares, e muitos outros designs capacitivos, em lugar de tomar corrente sobre cada meio ciclo total, detectam a alimentação em cada polaridade positiva e negativa da onda de tensão. A corrente de retorno, dado que é breve (aproximadamente  $1/3$  de um ciclo), se combina na neutra com todos os outros retornos das SMPS utilizando cada uma das três fases no sistema típico de distribuição. Em lugar de restarem, as correntes neutras impulsionadas se somam, e criam correntes neutras muito altas, a um máximo teórico de 1,73 vezes a corrente máxima de fase. Uma neutra sobrecarregada pode conduzir a tensões extremamente altas sobre os suportes da energia de distribuição, o que provoca grandes danos aos equipamentos conectados. Ao mesmo tempo, a carga destes SMPS múltiplos é tomada nos valores de polaridade de cada meio ciclo de tensão, o que freqüentemente leva à saturação e conseqüente superaquecimento do transformador. Outras cargas que contribuem para este problema são os mecanismos de motores de velocidade variável, as reatâncias de iluminação e os grandes sistemas UPS. Os métodos utilizados para mitigar este problema incluíram o superdimensionamento dos condutores neutros, a instalação de transformadores de fator k e os filtros de harmônicas.

Estimulado pela importante expansão da indústria informática na última década, o design das fontes de alimentação de equipamentos de TI melhorou mediante standards internacionais. Uma alteração importante compensa as tensões da infra-estrutura elétrica provocadas ultimamente por grandes clusters de fontes de alimentação equipamentos de TI que contribuem para correntes excessivas de harmônica dentro de uma instalação. Muitas fontes de alimentação de novos equipamentos de TI foram desenhadas com fontes de alimentação

com correção de fator de potência que funcionam como cargas lineares não harmônicas. Estas fontes de alimentação não produzem uma corrente residual de harmônicas.

### Figura 12

*Típica distorção da forma de onda da harmônica*

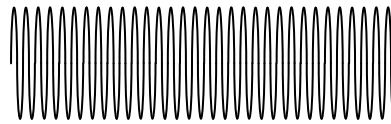


### Inter-harmônica

A distorção inter-harmônica (**Figura 13**) é um tipo de distorção de forma de onda que costuma resultar de um sinal imposto sobre a tensão de potência por equipamentos elétricos como conversores de frequência estática, motores a indução e dispositivos de geração de arco. Os cicloconversores (que controlam grandes motores lineares utilizados em equipamentos laminadores, cimenteiros e mineiros) criam alguns dos problemas mais importantes das fontes de alimentação inter-harmônica. Estes dispositivos transformam a tensão de potência em tensão de CA de uma frequência menor ou maior do que a da frequência de fornecimento. O efeito mais notável da inter-harmônica é a oscilação visual de monitores e luzes incandescentes, além de causar possível esquentamento e interferência nas comunicações..

### Figura 13

*Distorção da forma de onda da inter-harmônica*



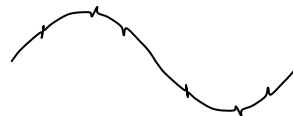
As soluções para a inter-harmônica incluem filtros, sistemas UPS e condicionadores de linha

### Notching

O notching (**Figura 14**) é uma perturbação periódica da tensão causada por dispositivos eletrônicos, como mecanismos de velocidade variável, atenuadores de luz e soldadoras a arco durante o funcionamento normal. Este problema poderia descrever-se como um problema de impulso transitório, mas dado que os notchings são periódicos a cada meio ciclo, eles são considerados um problema de distorção da forma de onda. As consequências usuais do notching são a parada do sistema, a perda de dados e os problemas de transmissão de dados.

### Figura 14

*Notching*



Uma solução para o notching é deslocar a carga para longe do equipamento que causa o problema (sempre que possível). As UPS e os equipamentos de filtragem também são soluções viáveis para os notchings, se o equipamento não pode ser deslocado.

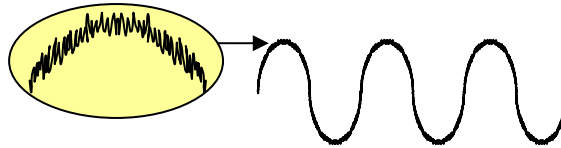
### Ruído

O ruído (**Figura 15**) é uma tensão não desejada ou corrente superposta à tensão do sistema de energia elétrica ou forma de onda da corrente. O ruído pode ser gerado por dispositivos eletrônicos alimentados em forma elétrica, circuitos de controle, soldadoras a arco, fontes de

alimentação para conexões, transmissores de rádio, etc. Os locais com massa insuficiente fazem com que o sistema seja mais suscetível ao ruído. O ruído pode causar problemas técnicos aos equipamentos, como erros de dados, mau funcionamento dos equipamentos, falha de componentes de longo prazo, falha do disco rígido, e monitores com vídeo distorcido.

**Figura 15**

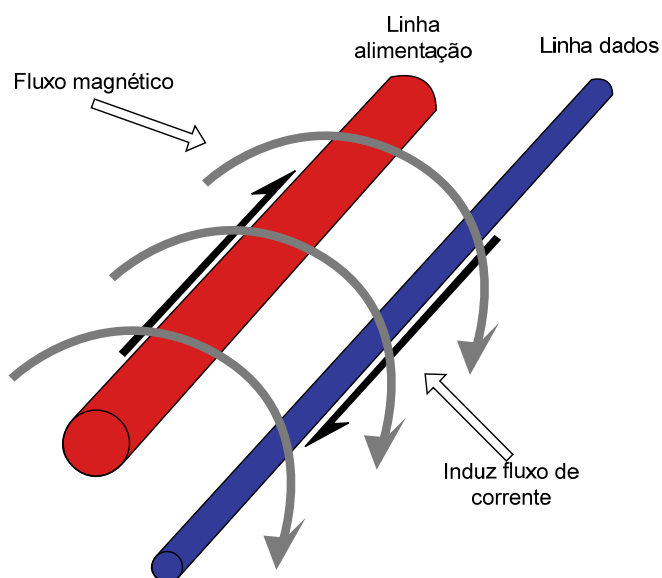
Ruído



Há muitos enfoques diferentes para controlar o ruído, e algumas vezes é necessário utilizar várias técnicas diferentes em forma conjunta para atingir o resultado requerido. Alguns métodos são:

- Isolar a carga mediante uma UPS.
- Instalar um transformador de isolamento blindado e com aterramento.
- Relocalizar a carga longe da fonte de interferência.
- Instalar filtros de ruído.
- Blindar os cabos

O ruído provoca freqüentemente danos nos dados. A EMI (Interferência eletromagnética) e a RFI (Interferência de radiofreqüência) podem criar indutância (corrente e tensão induzidas) nos sistemas que transportam dados, como é ilustrado na **Figura 16**. Dado que os dados viajam em formato digital (uns e zeros representados por tensão ou falta de tensão), o excesso de tensão por cima dos níveis operacionais dos dados podem dar a aparência de dados que não correspondem ou vice-versa. Um exemplo clássico de ruído criado por indutância é quando o cabeamento da rede se estende através de um forro e cruza luzes fluorescentes. A iluminação fluorescente produz uma quantidade significativa de EMI, que estando muito próxima do cabeamento de rede pode causar dados errôneos. Isto também pode comumente ocorrer quando o cabeamento de rede está muito próximo de linhas de potência de alta capacidade. Os feixes de linhas de potência freqüentemente são estendidos junto do cabeamento de rede em centros de dados com pisos flutuantes, o que aumenta as possibilidades de ruído.



**Figura 16**

Indução

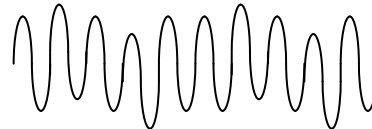
A solução para este problema em particular inclui o deslocamento dos dispositivos que transportam dados e/ou o cabeamento para longe da fonte de EMI/RFI, ou o fornecimento de uma blindagem adicional para os dispositivos de dados e/ou seu cabeamento para reduzir ou anular os efeitos da EMI/RFI.

## 6. Flutuações de tensão

Dado que as flutuações de tensão são fundamentalmente diferentes das outras anomalias da forma de onda, elas são colocadas em uma categoria separada. Uma flutuação de tensão (**Figura 17**) é uma variação sistemática da forma de onda de tensão ou uma série de mudanças aleatórias de tensão, de pequenas dimensões, concretamente entre 95 e 105% do valor nominal a uma frequência baixa, em geral por baixo de 25 Hz.

**Figure 17**

*Flutuações da tensão*



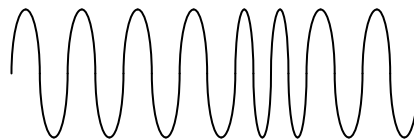
Qualquer carga que exiba variações significativas de corrente pode causar flutuações de tensão. Os fornos a arco são a causa mais comum de flutuação de tensão no sistema de transmissão e distribuição. Um sintoma deste problema é a oscilação de luzes incandescentes. A eliminação da carga problemática, o deslocamento do equipamento sensível ou a instalação de condicionadores de linha de alimentação ou dispositivos UPS são métodos para resolver este problema.

## 7. Variações de frequência

A variação de frequência (**Figura 18**) é muito pouco comum em sistemas estáveis da rede elétrica, especialmente sistemas interconectados através de uma rede. Quando os locais possuem geradores de reserva ocupados ou uma infra-estrutura de alimentação pobre, a variação da frequência é mais comum, especialmente se o gerador está muito carregado. Os equipamentos de TI costumam ser tolerantes, e geralmente não são afetados por deslocamentos menores na frequência do gerador local. Qualquer dispositivo com motor ou dispositivo sensível que dependa dos ciclos regulares estáveis da alimentação ao longo do tempo se veria afetado. As variações de frequência podem fazer com que um motor funcione mais rápido ou mais lento para equiparar a frequência da alimentação de entrada. Isto faria com que o motor funcionasse de maneira ineficaz e/ou provocaria mais calor e degradação do motor através de uma maior velocidade dele e/ou um consumo adicional de corrente.

**Figura 18**

*Variações da frequência*



Para corrigir este problema, é necessário avaliar e depois reparar, corrigir ou substituir todas as fontes de alimentação geradas e outras fontes de alimentação que provoquem a variação de frequência.

### Desequilíbrio da tensão

Um desequilíbrio de tensão não é um tipo de distorção de forma de onda. No entanto, dado que resulta essencial conhecer os desequilíbrios de tensão quando problemas de qualidade de fornecimento são avaliados, o tema merece tratamento neste relatório.



Em palavras simples, um desequilíbrio de tensão (como o nome implica) é quando as tensões fornecidas não são iguais. Mesmo que estes problemas possam ser causados por fornecimento elétrico externo, a fonte comum dos desequilíbrios de tensão é interna, e causada por cargas da instalação. Mais especificamente, é sabido que isto ocorre aos sistemas de distribuição elétrica trifásicos, nos quais um dos suportes fornece energia a um equipamento monofásico, enquanto o sistema também fornece energia às cargas trifásicas.

Em geral, estes desequilíbrios aparecem como esquentamento, especialmente em motores de estado sólido. Desequilíbrios maiores podem causar um excessivo calor aos componentes do motor, e a falha intermitente dos controladores do motor.

Uma forma rápida de avaliar o estado de desequilíbrio da tensão é calcular a diferença entre a tensão mais alta e mais baixa das três tensões de potência. Este número não deve ultrapassar 4% da tensão de potência mais baixa. A seguir, se dá um exemplo desta forma rápida de obter uma valoração simples do desequilíbrio de tensão em um sistema.

Exemplo:

Primeira tensão de potência:	220 V
Segunda tensão de potência:	225 V
Terceira tensão de potência:	230 V
Tensão mais baixa:	220 V

4% de 220 V = **8,8 V**

Diferença entre a tensão mais alta e mais baixa: **10 V**



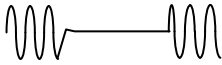
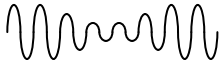

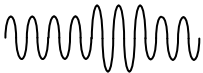
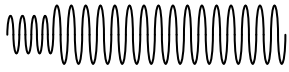


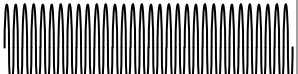


**10 V > 8,8 V – desequilíbrio excessivamente grande!**



Corrigir desequilíbrios de tensão significa reconfigurar as cargas, ou fazer mudanças na rede elétrica às tensões entrantes (se o desequilíbrio não for causado por cargas internas).

A **Tabela 1** resume as perturbações energéticas tratadas e oferece possíveis soluções para atenuar os efeitos que podem ter estes problemas nas operações comerciais.

**Tabela 1**

Resumo das perturbações com soluções

Categoria da perturbação	Forma da onda	Efeitos	Possíveis causas	Possíveis soluções
<b>1. Transitórios</b>				
Impulsivos		Perda de dados, possíveis danos, parada do sistema	Raios, ESD, impulsos de conexão, liberação de falhas da rede	TVSS, manter umidade entre 35-50%
Oscilatórios		Perda de dados, possíveis danos	Desconexão de cargas indutivas / capacitivas	TVSS, UPS, reatores/bobinas de choque, detector Cruzamento de zero
<b>2. Interrupções</b>				
Inverter		Perda de dados, possíveis danos, fechamento	Comutação, falhas da rede, disparo de disjuntores, falhas de componentes	UPS
<b>3. Afundamento de tensão / subtensão</b>				
Afundamento de tensão		Parada do sistema, perda de dados, fechamento	Cargas de partida, falhas	Condicionador de eletricidade, UPS
Subtensão		Parada do sistema, perda de dados, fechamento	Falhas da rede, mudanças de carga	Condicionador de eletricidade, UPS
<b>4. Elevação de tensão / sobretensão</b>				
Elevação de tensão		Disparo por interferência, danos ao equipamento/vida reduzida	Mudanças de carga, falhas da rede	Condicionador de eletricidade, UPS, transformadores de "controle" ferroressonante
Sobretensão		danos ao equipamento/vida reduzida	Mudanças de carga, falha da rede	Condicionador de eletricidade, UPS, transformadores de "controle" ferroressonante
<b>5. Distorção da forma de onda</b>				
Deslocamento de CC		Transformadores esquentados, corrente por falha de massa, disparo por interferência	Retificadores, fontes de alimentação defeituosas	Encontrar o problema e substituir o equipamento defeituoso
Harmônica		Transformadores esquentados, parada do sistema	Cargas eletrônicas (cargas não lineares)	Reconfigurar a distribuição, instalar transformadores de fator k, usar fornecimentos elétricos PFC
Inter-harmônica		oscilação de luz, esquentamento, interferência da comunicação	Sinais de controle, equipamentos defeituosos, cicloconvertidores, conversores de frequência, motores de indução, dispositivos de geração de arco	Condicionador elétrico, filtros, UPS
Notching		Parada do sistema, perda de dados	Mecanismos de velocidade variável, soldadoras a arco, atenuadores de luz	Reconfigurar a distribuição, deslocar cargas sensíveis, instalar filtros, UPS
Ruído		Parada do sistema, perda de dados	Transmissores (rádio), equipamentos defeituosos, massa ineficiente, proximidade da fonte EMI/RFI	Retirar transmissores, reconfigurar a massa, longe da fonte EMI/RFI, aumentar a blindagem, filtros, transformador de isolamento

6. Flutuações de tensão		Parada do sistema, oscilação de luzes	Funcionamento intermitente dos equipamentos de carga	Reconfigurar a distribuição, deslocar as cargas sensíveis, condicionador elétrico, UPS
7. Variações da frequência elétrica		Falha do equipamento síncrono. Sem efeito sobre os equipamentos de TI	Geradores de reserva regulados em forma ineficiente	Atualizar o regulador do gerador

## Conclusões

O uso generalizado dos sistemas eletrônicos elevou a consciência sobre a qualidade do fornecimento elétrico e seus efeitos sobre os equipamentos elétricos de missão crítica utilizados pelas empresas. Cada vez mais, o nosso mundo é operado por pequenos microprocessadores sensíveis a flutuações elétricas, inclusive pequenas. Estes microprocessadores podem controlar sistemas de ensablagem robótica e de linha de embalagens muito rápidos e automatizados que não podem tolerar tempos de inatividade. Existem soluções econômicas para limitar ou eliminar os efeitos das perturbações na qualidade da eletricidade. Porém, para que a indústria comunique e compreenda as perturbações energéticas e a forma de evitá-las, é necessário empregar termos e definições comuns para descrever diferentes fenômenos. Este relatório tentou definir e ilustrar as perturbações na qualidade do fornecimento, como são definidas no Standard 1159-1995 do IEEE, IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality.

Reduzir o tempo de inatividade dos equipamentos e as despesas de produção, e desse modo aumentar o lucro, é o objetivo das empresas de qualquer tamanho. A comunicação, através da compreensão do ambiente elétrico e a suscetibilidade dos equipamentos às perturbações na qualidade de fornecimento, vai ajudar a descobrir melhores métodos para atingir os objetivos e sonhos comerciais.



### Acerca dos autores:

**Joseph Seymour** é Analista principal de Reclamações do Departamento de Reclamações da APC em West Kingston, RI. Avalia e inspeciona os danos causados por eventos transitórios catastróficos, e decide sobre as reclamações de clientes apresentadas de acordo com a Política de Proteção de Equipamentos da APC.

**Terry Horsley** é consultor independente sobre Qualidade Elétrica para a APC. Tem vinte anos de experiência em administração de engenharia, suporte de infra-estrutura crítica, treinamento, desenvolvimento curricular, redação técnica e realização de pesquisas de campo em toda a Europa, o Sudeste Asiático e os Estados Unidos.



 **Proteção contra transitórios na linha de dados**  
APC Relatório interno 85

 **Explore todos os Relatório da APC**  
[whitepapers.apc.com](http://whitepapers.apc.com)

 **Explore todas as ferramentas TradeOff da APC**  
[tools.apc.com](http://tools.apc.com)

## References

- *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, IEEE Std. 1159-1995.
- Ron A. Adams, *Power Quality: A Utility Perspective*, AEE Technical Conference Paper, October, 1996.
- Wayne L. Stebbins, *Power Distortion: A User's Perspective on the Selection and Application of Mitigation Equipment and Techniques*, IEEE Textile Industry Technical Conference Paper, May, 1996.
- *IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment* (IEEE Green Book), IEEE Std. 1100-1992.
- Electric Power Research Institute / Duke Power Company, *Power Quality for Electrical Contractors* course, November, 1996.
- Square D, *Reduced Voltage Starting of Low Voltage, Three-Phase Squirrel-Cage Induction Motors Technical Overview*, Product Data Bulletin 8600PD9201, June 1992

### Entre em contato

Para incluir comentários sobre o conteúdo deste White Paper

**Data Center Science Center, APC by Schneider Electric**  
**[DCSC@Schneider-Electric.com](mailto:DCSC@Schneider-Electric.com)**

Se você é cliente e tem perguntas relacionadas especificamente com o data center que está projetando

Entre em contato com seu representante da APC by Schneider Electric

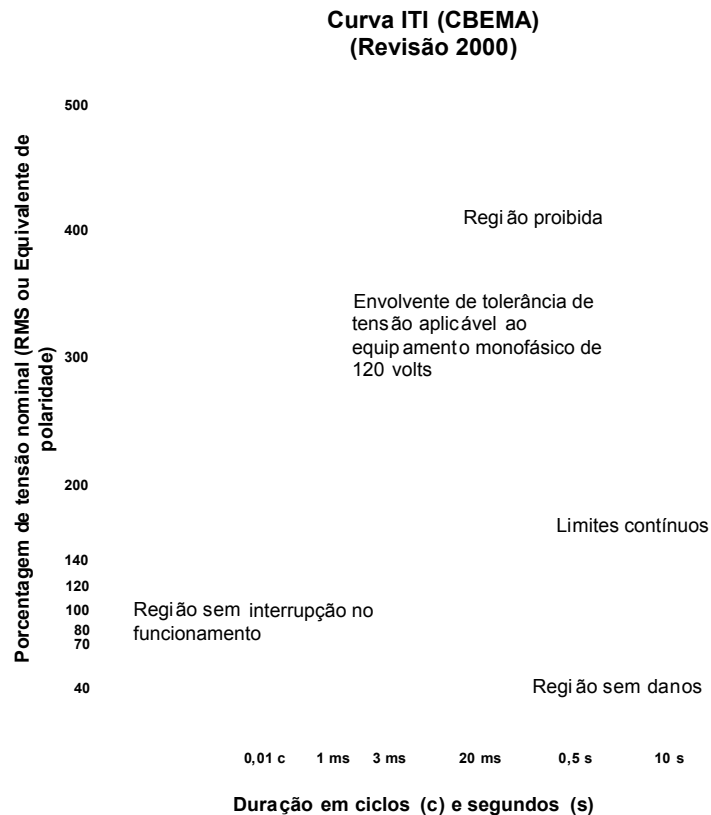
## Apêndice – Tolerância da fonte de alimentação

Agora que se identificaram e descreveram as diferentes perturbações energéticas, é necessário entender quais perturbações são toleradas pelos equipamentos modernos. Nem todas as perturbações energéticas afetam os equipamentos modernos. Existe um nível aceitável de variação e perturbação de tensão de CA que as fontes de alimentação dos equipamentos modernos podem tolerar durante breves períodos.

A maior parte dos equipamentos tecnológicos funcionam com CC de baixa tensão fornecida por fontes de alimentação comutada (SMPS), que transformam a eletricidade nominal de CA em tensão CC positiva e negativa. As fontes de alimentação oferecem a barreira mais eficaz entre os componentes eletrônicos sensíveis e a energia de tensão de potência de CA no seu estado original com seu ruído associado de fundo.

As especificações 61000-4-11 do IEC, um standard internacional, definem os limites de magnitude e duração das perturbações da tensão que resultam aceitáveis para uma carga SMPS. Em forma similar, uma Matéria de Aplicação comumente conhecida na indústria como a curva CBEMA, desenvolvida originalmente pela Computer and Business Manufacturer's Association, ilustra uma curva de performance desenhada para uma mínima tolerância das perturbações energéticas em fontes de alimentação de equipamentos de TI monofásicos. O Information Technology Industry Council (ITIC, anteriormente CBEMA) recentemente refinou a curva original, como é ilustrado na **Figura A1**. É possível acessar a Curva e a Matéria de Aplicação mencionadas em: [www.itic.org/technical/iticurv.pdf](http://www.itic.org/technical/iticurv.pdf).

**Figure A1**  
ITIC curve



A **Figura A1** ilustra uma escala de tempo que começa com uma escala de subciclos, que se expande até dez segundos de funcionamento da fonte de alimentação de CC. A escala vertical representa a tensão nominal aplicada ao equipamento de TI monofásico. As tensões nominais mais comuns para este design são 120 VCA para equipamentos de 60 Hz, e 240

VCA para equipamentos de 50 Hz. Acompanhando a linha de zero volts, pode se observar que a fonte de alimentação funcionará durante 20 milissegundos depois de que a tensão de potência de CA desça para zero, o que significa que a saída de CC continuará durante 1/50 de segundo depois de se perder o fornecimento de CA. Outra característica desta curva é que se a tensão de entrada de CA diminuísse para 80% de seu valor nominal, a saída de CC da fonte de alimentação manterá o circuito durante um mínimo de 10 segundos. No lado positivo da linha a 100%, as fontes de alimentação devem tolerar um aumento de 200% durante um período de pelo menos 1 milissegundo. Em um período de 0,01 do ciclo de CA (isto é, 1,6 microssegundos em um sistema de 60 Hz, e 2,0 microssegundos em um sistema de 50 Hz), a fonte de alimentação tolerará um aumento de 500% sem interrupção da operação do circuito.