



Capítulo I

Qualidade de energia

Luis Tossi *

O tema “condicionamento de energia” é bastante controverso e amplo e certamente falaremos de maneira bastante compactada sobre os diversos equipamentos que são utilizados neste segmento e em suas aplicações. Os capítulos serão organizados de forma lógica com o intuito de oferecer ao leitor informações básicas necessárias para que se possa aproveitar ao máximo o tema do capítulo seguinte.

Os temas a serem tratados no decorrer dos 12 capítulos deste fascículo devem caminhar pelos seguintes assuntos:

- qualidade de energia e seus tipos de falhas mais comuns: distúrbios elétricos mais comuns e eventuais consequências; amostra de um sistema de monitoração de um fabricante de equipamentos de condicionamento de energia, mostrando o histórico de variações e os distúrbios elétricos em diversas instalações no Estado de São Paulo.
- Topologias de UPS (*Uninterruptible Power Supply*) ou fonte de energia ininterrupta, que são os equipamentos estáticos utilizados para tratar a energia elétrica e seus distúrbios antes desta energia chegar à carga a ser alimentada.
- UPS rotativas e tecnologias modernas e alternativas, como células combustíveis e *fly-wheel*.
- Desmembramento de um UPS estático dupla conversão a fim de apresentar sua composição (retificador, inversor, chave estática e baterias), suas formas de operação e como cada uma de suas partes são compostas e construídas (falaremos apenas de inversor e de chave estática). Os princípios construtivos de retificadores das

UPS dupla conversão também são objeto de estudo, assim como suas especificidades e consequências para uma instalação elétrica na qual é inserida. Também falaremos sobre o que um retificador de uma UPS estática tem de fornecer de qualidade de energia DC para as baterias e quais os recursos dos retificadores para este fim.

- Baterias: tipos e tecnologias, como baterias ventiladas, VRLA, Baterias NiCd, entre outras. Serão apresentadas a dinâmica de operação de cada tipo de bateria e a forma de cálculos de quantidades e capacidades de baterias a serem utilizadas para que uma UPS tenha determinada autonomia em caso de descarga. Dimensionamento de retificadores e seu consumo energético no ciclo de recarga das baterias serão também abordados.
- Confiabilidade: como é calculada a confiabilidade de um UPS estático e como podemos aumentar a confiabilidade de instalações de alta disponibilidade com a associação de UPS estáticos? Neste capítulo serão introduzidos os conceitos de MTBF, MTTR, redundância, paralelismo de UPSs, sistemas duais, etc, além da apresentação de um novo componente em instalações de alta disponibilidade, as STS (*Static Transfer Switch*), ou chave estática de transferência automática.
- Normas e métodos utilizados em instalações de alta disponibilidade.
- Inserção de UPS estático, chaves STS e demais componentes de sistemas elétricos de alta disponibilidade em instalações elétricas, cuidados com ambientes físicos de cada componente, dimensionamento de geradores, transformadores, proteções elétricas, seletividade, etc.
- Tecnologias alternativas e suas aplicações, como rotativas, UPS estáticos com uso de *fly-wheel*, células

combustíveis substituindo baterias e UPS estáticos com uso combinado.

- UPS estáticos e tipos básicos de conectividade e monitoração. Serão discutidos os protocolos mais comuns de monitoração de sistemas UPS e outros componentes de sistemas de missão crítica, além de sua importância para redução do downtime de missão crítica, e os novos sistemas de monitoração de camadas mais profundas de um datacenter.
- Manutenção de sistemas de missão crítica e UPS estáticas: manutenção de baterias, trocas de ventiladores, a importância de manutenções preventivas, envelhecimento de componentes, etc.
- Refrigeração de cargas de TI com a utilização de sistemas de refrigeração de precisão, sistemas especiais de refrigeração para servidores de alta densidade e eficiência energética.

Assim teremos em 12 fascículos um apanhado geral sobre o tema “condicionamento de energia” em todos os seus aspectos e a importância do tema para as aplicações de missão crítica e TI.

Qualidade de energia

O sistema elétrico brasileiro fornece energia na forma senoidal, com frequência de 60 Hz. O Brasil tem uma particularidade de ter diversos valores de tensão nominal de consumo, tal como 230/115/120 V em São Paulo, 380/220 V no nordeste e em algumas cidades do sul e Brasília.

Nas aplicações industriais e comerciais, a variedade fica ainda maior, pois temos redes trifásicas em baixa tensão em 208/120 V, 220/127 V, 380/220 V, 440 V, 480 V e até em 660 V e 690 V.

Esta variedade de valores nominais de tensão causa bastante confusão e dá a ideia de alguns problemas que os consumidores enfrentam. O sistema energético brasileiro é bastante estável nas regiões Sul, Sudeste, Centro-oeste e parte do Nordeste, onde temos o sistema de geração e transmissão interligado, conferindo boa estabilidade à malha. No entanto, o fato de nossa malha de distribuição ser basicamente aérea confere certa fragilidade à rede por conta de falhas causadas por acidentes físicos e incidência de descargas atmosféricas.

A seguir, evidenciamos algumas falhas de energia mais comuns, mostrando algumas figuras com formas de onda e sua implicância para cargas sensíveis e críticas.

O primeiro exemplo são os distúrbios chamados de variações no valor nominal de tensão. A Figura 1 mostra uma forma de onda senoidal em que se pode observar, de maneira exagerada, que os picos da forma de onda sofreram uma grande variação.

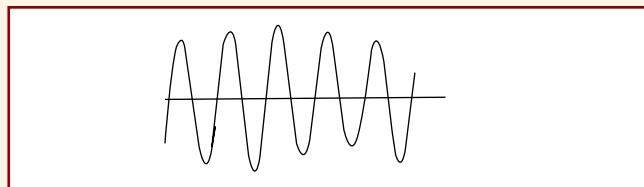


Figura 1 – Variações no valor nominal de tensão.

Observa-se que a frequência do sinal não se altera. As variações nos valores nominais de tensão são muito mais frequentes do que se imagina e é um evento fácil de ser verificado em grandes centros e também em longas linhas de distribuição ou consumo.

Imagine o centro de uma grande cidade, como Rio de Janeiro, em que, durante a semana temos um grande consumo em escritórios, com muita gente circulando e ar-condicionado ligado. Imagine que a tensão nominal padrão seja de 220 V (fase-neutro). As redes de distribuição da concessionária elétrica e dos prédios comerciais estão bastante carregadas e com sua queda de tensão permitida máxima. Neste momento, a tensão que chega às cargas é inferior à nominal. Já, durante a noite, temos a situação inversa, em que as linhas estão pouco carregadas, pois o consumo diminui muito e a tendência é que a tensão entregue às cargas se eleve bastante.

Este é um evento fácil de ser verificado e que pode trazer alguns danos às cargas sensíveis, principalmente, as cargas que possuem um alto consumo de partida, que aumentam esta queda de tensão momentaneamente.

Atualmente, a maioria de cargas de TI (terminologia adotada para cargas de tecnologia da informação) tem fontes que funcionam de 100 V a 240 V, que suportam estas variações de tensão com tranquilidade. Porém, resta o risco das sobretensões superiores ao limite de 240 V, causadas por linhas de tensão descarregadas, com um valor de tensão elevado, e blecautes.

Um segundo tipo de distúrbio bastante comum em nossas redes elétricas é a variação do valor nominal de frequência. Como temos um sistema elétrico interligado, a frequência da rede elétrica é bastante estável, o que não ocorre quando estamos operando via grupo motor gerador (GMC). Na Figura 2, mostramos de forma didática um sinal senoidal com variação de frequência.

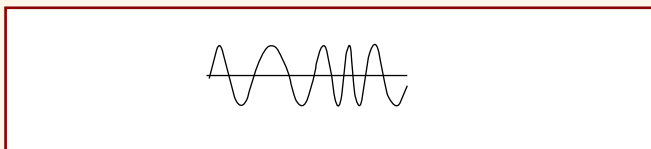


Figura 2 – Sinal senoidal com variação de frequência.

Observa-se na Figura 2 que a frequência não apresenta nenhum ciclo dentro da frequência nominal brasileira de 60 Hz.

O terceiro tipo de distúrbio que iremos comentar é o chamado pico de tensão ou descarga elétrica, também conhecido como transiente de tensão.

Este distúrbio pode ser gerado por algumas fontes, como manobras de cargas reativas (capacitivas ou indutivas), partidas e paradas/frenagens de grandes motores, descargas atmosféricas diretas na rede elétrica ou na proximidade de linhas de transmissão (por indução), etc.

Estas descargas são sinais de alta frequência (quando comparadas à frequência nominal de 60 Hz) e de alto valor de pico de tensão circulado sobre o sinal fundamental da rede.

A Figura 3 apresenta um transiente de tensão.

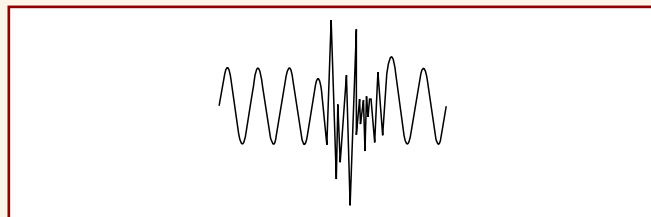


Figura 3 – transiente de tensão.

Na figura, temos um transiente em que a frequência é muito superior à nominal e o valor de pico também é muito superior ao valor de pico nominal que é $\sqrt{2} \times V_{nom}$.

A Figura 4 ilustra o mecanismo de geração de um pico de tensão que ocorre na abertura e posterior fechamento de um banco de capacitor de correção de fator de potência (bastante comum em instalações comerciais e industriais).

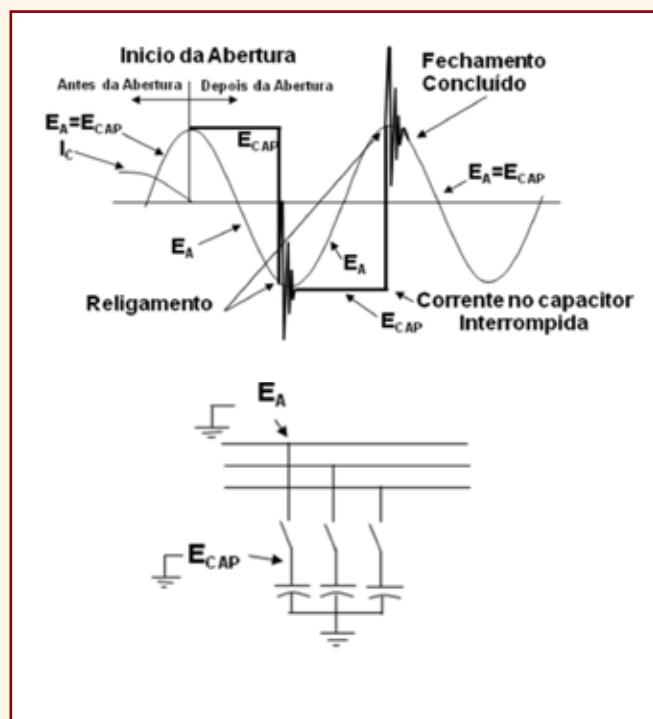


Figura 4 – Mecanismo de geração de um pico de tensão.

E_{CAP} é o valor de tensão na rede elétrica que é a mesma tensão aplicada no capacitor. E_{CAP} é a tensão residual no capacitor após a abertura da chave. Se o fechamento da chave ocorrer no exato momento de pico do semi-ciclo subsequente, verifica-se que as tensões remanescente no capacitor e o sinal da rede elétrica se somam, ficando presente na rede elétrica um pico de tensão com valor de $2 \times V_{pico}$ nominal.

Este exemplo mostra como os transientes de tensão são comuns em uma rede elétrica e podem ser gerados dentro da própria rede local. Para a eliminação e proteção contra os transientes de tensão, altamente destrutivos para equipamentos elétricos, são utilizados os supressores de surto ou TVSS, expressão que vem do inglês *Transient Voltage Surge Suppressor*. Os supressores de surto (TVSS) não serão detalhados neste

fascículo, mas uma ampla literatura a respeito pode ser encontrada em outras edições da revista O Setor Elétrico.

Outro distúrbio bastante comum em nossas redes elétricas locais são os chamados harmônicos ou ruídos elétricos. A Figura 5 apresenta um sinal senoidal fundamental distorcido por uma frequência de ordem superior.

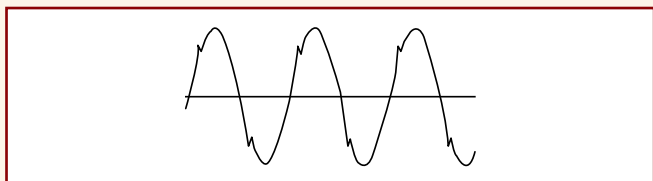


Figura 5 – Sinal senoidal fundamental distorcido por uma frequência de ordem superior.

Nota-se um sinal periódico que distorce o sinal fundamental.

No ambiente elétrico atual, os harmônicos são gerados por todos os equipamentos que têm uma fonte em sua entrada para transformar a energia alternada da rede elétrica em um sinal contínuo VDC.

No processo de transformação são utilizados os retificadores (também chamados de conversores AC/DC) que durante o processo geram os curtos-circuitos de comutação, que mesmo controlados, são ruídos que acabam distorcendo o sinal fundamental de tensão da fonte.

Estes são sinais decompostos em subfrequências (não confundir com múltiplas) da fundamental (180 Hz, 300 Hz, 420 Hz, etc.) e estão circulando no ambiente elétrico causando aquecimento de condutores, transformadores, motores, sobre-carregamento de neutro e outros problemas também já discutidos em números anteriores desta publicação.

A Figura 6 apresenta um sinal fundamental de 60 Hz e um sinal harmônico de 300 Hz. Nota-se que o sinal resultante em vermelho é a soma ponto a ponto do sinal fundamental em azul (60 Hz) com o quinto harmônico em roxo.

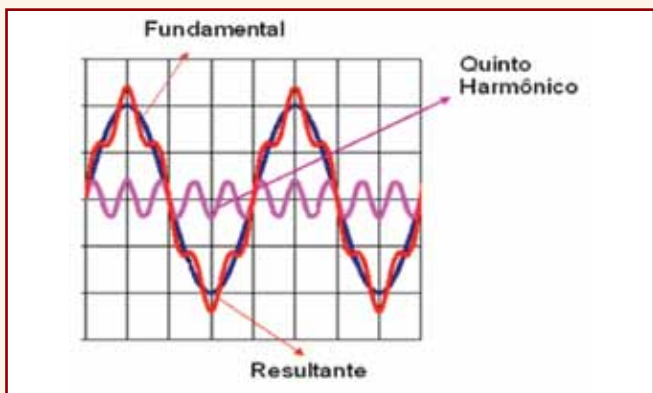


Figura 6 – Sinal fundamental de 60 Hz e um sinal harmônico de 300 Hz.

Finalmente, falamos do último distúrbio típico bastante presente na rede elétrica que é a falta de energia ou blecaute. Este evento é explicado pela interrupção no fornecimento de energia, causado por acidentes, aberturas de proteções, entre outras razões. Veja a seguir o comportamento típico da rede em um blecaute.

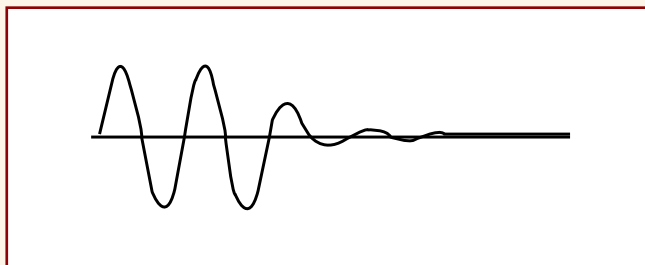


Figura 7 – Típico comportamento da rede em um blecaute.

Este comportamento de fim da alimentação elétrica de forma abrupta também pode ocorrer de maneira diferente nos dias de hoje devido à presença de filtros capacitivos para correção de fator de potência presente nas instalações, que podem vir a ressonar com grandes motores, como, por exemplo, centrífugas de ar-condicionado, fazendo com que ambas as cargas devolvam energia à rede por um período (podendo chegar a vários ciclos) após a queda efetiva da rede de alimentação.

Agora que falamos sobre os principais distúrbios de energia e o nosso tema é “condicionamento de energia”, principalmente, aplicado em missões críticas e em processos contínuos, vejamos quais são as tolerâncias permitidas pelas cargas de missão crítica ou mais normalmente denominadas de consumidores de tecnologia da informação.

O conselho das indústrias de tecnologia de informação, conhecido como ITIC, criou um comitê técnico denominado de Techinal Committee 3 (TC3) que determinou um padrão de tolerância da qualidade de energia na fonte de alimentação de cargas de tecnologia da informação (computadores, switches, hubs, etc). A curva da Figura 8 define em quais limites de tolerância da qualidade de energia o equipamento tem de

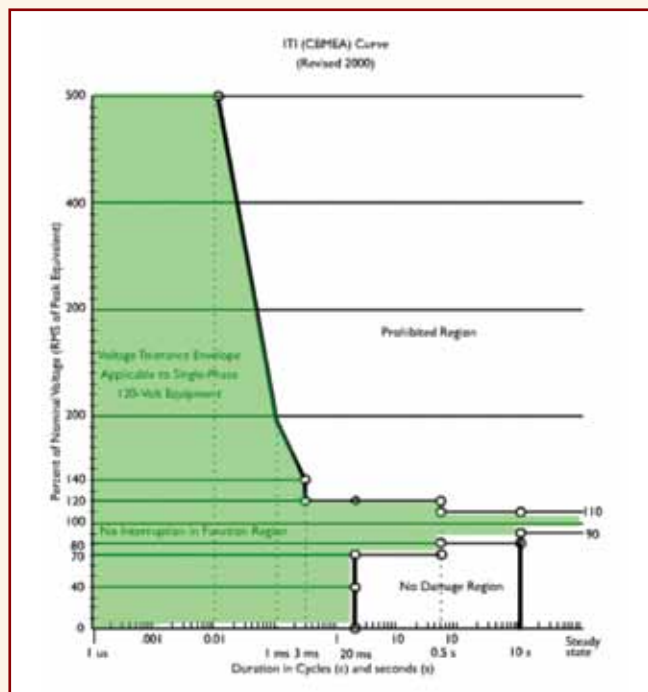


Figura 8 – Definição dos limites de tolerância da qualidade de energia para que o equipamento funcione sem falhas ou interrupção de operação.

continuar funcionando normalmente sem falhas ou interrupção de operação.

A curva tem de ser analisada em conjunto com as notas técnicas do conselho que podem ser obtidas no link <http://www.itic.org/clientuploads/Oct2000Curve.pdf>

A curva é aplicável a fontes com valores nominais especificados em 120/240 V, 60 Hz. Observa-se que a zona de operação contínua suporta variações entre +ou-10% sobre o valor nominal de tensão. Abaixo desta variação, a operação está limitada a um determinado tempo, podendo chegar a 1 ciclo com até -70% Vnom.

Variações superiores a 140% Vnon causam danos físicos ao equipamento.

Estudo de caso de rede elétrica

Um fabricante de UPS estático mundial dispõe de um sistema de monitoração remota de seus equipamentos que, além de realizar a monitoração de operação dos UPS, também permite registrar todas as variações de energia elétrica que ocorrem na entrada destas UPS.

No caso apresentado a seguir podemos observar todas as variações de energia elétrica ocorridas nas duas entradas das UPS instaladas e monitoradas no Estado de São Paulo no período compreendido entre 1/10/2009 e 1/10/2010.

Todas as variações superiores aos limites pré-especificados nas entradas denominadas de rede reserva e rede principal são registradas e divididas em períodos de tempo tais como, menor que 1 segundo, entre 1 e 2 segundos, entre 2 e 5 segundos, e assim por diante até interrupções superiores a 10 minutos.

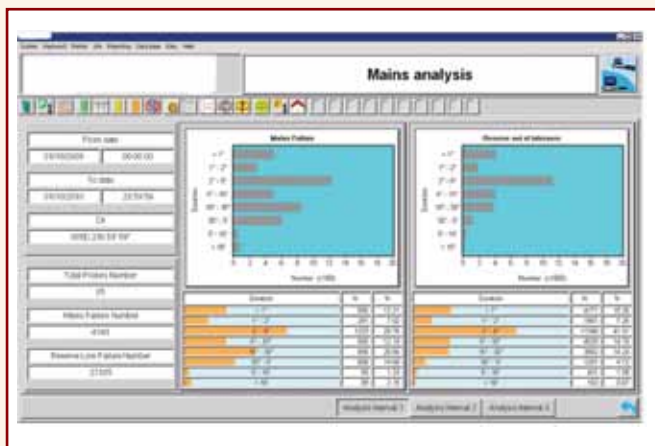


Figura 9 – Variações de energia elétrica ocorridas nas duas entradas das UPS.

Os campos from/to date mostram o início e o final de coleta de informações (01/10/2009 a 01/10/2010), ou seja, 12 meses de registros. O campo Total probes number aponta que estão sendo monitorados 85 UPS.

No quadro mains failure estão registrados todos os distúrbios de rede elétrica ocorridos na entrada principal da UPS (será

mostrado com detalhes posteriormente), sendo que estes limites são de + 20% ou -15% Vnon e + ou - 10% da frequência nominal (permitido de 54 Hz a 66 Hz).

A falha desta alimentação implica que as cargas estarão obrigatoriamente sendo alimentadas pelas baterias. Podemos verificar que existe um grande número (81,84%) de interrupções inferiores a 30 segundos. Isto se deve ao fato de todas as instalações monitoradas terem GMG e que o mesmo parte em um tempo inferior a 30 segundos.

No decorrer do ano tivemos 4.143 falhas de rede em que as baterias foram consumidas, sendo que a maioria de curta-duração deveu-se à partida do GMG. Já na rede reserva – quadro da direita – temos uma tolerância (janela de medição) bem mais estreita, de aproximadamente + ou - 10% Vnom, independentemente da tensão nominal da UPS e +ou- 1Hz (permitido de 59 Hz a 61 Hz).

Isto se reflete no número de falhas – 27.335 falhas de rede, das quais 41,51% ocorreram entre 2 e 5 segundos. A porcentagem total de falhas menores de 30 segundos fica em 93,03% e isto ocorre porque na maioria das falhas curtas, ou mesmo maiores, o gerador não necessariamente parte, acionando a chave de transferência e causando um blecaute.

Veja na Figura 10 os registros do mês com a menor quantidade de variações no período em questão.

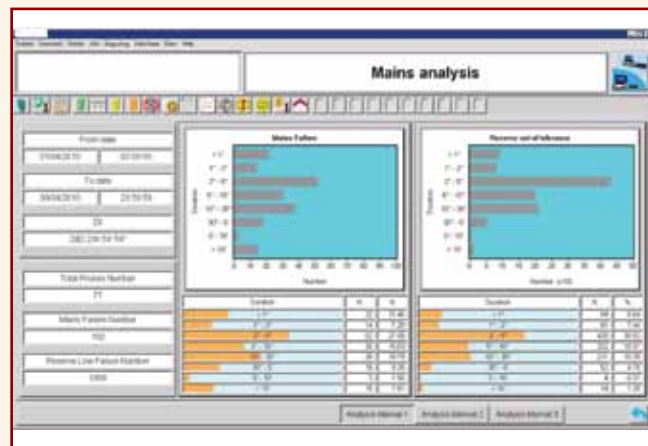


Figura 10 – Registros do mês com a menor quantidade de variações no período em questão.

Verifica-se que o perfil de quedas de energia é muito parecido com o perfil anual. O número de UPS monitoradas na época era de 77 e não de 85, como no final do período.

Conclui-se que há grande incidência de falhas e de blecautes, especialmente de falhas consideradas toleráveis, mas que dão uma ideia da qualidade de energia disponível em grandes centros como São Paulo.

***LUIS TOSSI é engenheiro electricista e diretor-geral da Chloride Brasil. Atua na área de condicionalmento de energia e aplicações de missão crítica há 23 anos, com larga experiência em produtos, aplicações e tecnologias de ponta.**

Continua na próxima edição
Confira todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br