

# qualidade da energia eléctrica

## {CASOS REAIS}



*Este artigo relata e analisa alguns exemplos de casos reais de problemas de qualidade de energia eléctrica observados em diferentes instalações eléctricas. São ainda apontadas soluções para cada um dos casos.*

### 1. INTRODUÇÃO

No cenário de competição global cada vez mais exigente em que vivemos, deve-se assegurar que são utilizados todos os meios para garantir que os recursos investidos sejam rentabilizados da melhor forma possível, optimizando-se a produção a nível da quantidade, e principalmente da qualidade, e evitando-se perdas desnecessárias. Os prejuízos económicos resultantes dos problemas de qualidade de energia eléctrica nas indústrias são muito elevados, e por isso essa questão é hoje, mais do que nunca, objecto de grande preocupação.

Estudos realizados comprovam que a maioria das empresas não têm as suas instalações eléctricas preparadas para lidar com os problemas de qualidade de energia eléctrica, tendo em conta a realidade dos equipamentos utilizados nos processos produtivos. Além disso, verifica-se que, na maior parte dos casos os responsáveis pelas instalações eléctricas nas empresas não associam os problemas que ocorrem ao facto das instalações não estarem adequadas aos problemas de qualidade de energia a que estão sujeitos.

Uma empresa que não esteja preparada para lidar com este tipo de problemas, para

além de pagar mais energia eléctrica do que aquela que efectivamente necessita (devido ao acréscimo de perdas nas instalações), pode ter ainda que suportar um aumento significativo dos custos devido à interrupção ou deterioração de processos produtivos, ou à avaria dos equipamentos utilizados, o que pode ter como resultado produtos ou serviços de qualidade inferior e com custos superiores aos das empresas concorrentes.

O número de conversores electrónicos de potência utilizados, sobretudo na indústria, mas também pelos consumidores em geral, não pára de aumentar. Em resultado disso é possível observar uma crescente deterioração das formas de onda de corrente e tensão dos sistemas de potência.

Um estudo realizado na Europa em 1998 mostrou que vários problemas de qualidade de energia, tais como, o elevado conteúdo harmónico nas correntes e tensões das instalações eléctricas, sistemas de terra mal ligados, ou o sobreaquecimento dos condutores de fase e neutro, não eram considerados assuntos importantes, não sendo associados aos problemas ocorridos nas instalações, não sendo por esse facto quantificados em termos de custos adicionais para as empresas.

Convém realçar que o facto das instalações eléctricas não estarem em condições de fazer face aos problemas de qualidade de energia não se deve necessariamente a erros no projecto inicial, sendo antes o resultado de alterações no tipo de equipamentos utilizados pelas empresas nos últimos anos, que por um lado se tornaram mais sensíveis a perturbações (por incluírem sistemas de controlo baseados em microelectrónica), e que por outro lado passaram, muitos deles, a contribuir para os problemas de qualidade de energia, por funcionarem como cargas não lineares.

### 2. MONITORIZADOR DE QUALIDADE DE ENERGIA

Qualquer perturbação nas tensões, correntes ou frequência de um sistema eléctrico, que influencie o normal funcionamento do próprio sistema ou dos equipamentos a ele ligados, constitui um problema de qualidade de energia eléctrica. São exemplos as variações nas formas de onda e nos valores eficazes das tensões e correntes, distorção harmónica, situações

de falha de tensão, subtensões e sobretensões [1]. Para diagnosticar correctamente estes problemas, de forma a tomarem-se medidas preventivas e correctivas, torna-se necessário recorrer a equipamento adequado para monitorizar a qualidade da energia eléctrica, ou seja, é fundamental documentar devidamente os distúrbios recolhendo toda a informação necessária. Existem no mercado equipamentos dedicados para monitorizar e registar estes distúrbios. As potencialidades destes equipamentos são muito elevadas, nomeadamente os de gama média/alta, contudo são também muito caros, tornando a sua utilização ainda muito restrita.

O Departamento de Electrónica Industrial da Universidade do Minho desenvolveu um sistema de monitorização baseado na utilização de um PC com uma placa de aquisição de dados *standard*, e no software *LabView* [2]. A Figura 1-a apresenta uma fotografia deste equipamento durante medições numa indústria. Estes equipamentos monitorizam as tensões e correntes das instalações eléctricas sem interromper ou interferir no funcionamento das mesmas, utilizando-se para tal sensores de corrente que abraçam os cabos ou barramentos nos quadros eléctricos (Figura 1-b).



Figura 1 · Monitorizador de qualidade de energia e quadro eléctrico: (a) aspecto geral; (b) sensores de corrente.

### 3 ANÁLISE DE PROBLEMAS REAIS E SOLUÇÕES PROPOSTAS

A seguir são apresentados alguns casos reais de problemas de qualidade de energia eléctrica verificados em diferentes instalações eléctricas, sendo ainda apontadas possíveis soluções.

#### 3.1 DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Numa empresa do ramo farmacêutico um sistema de UPS (*Uninterruptible Power Supply* - unidade de alimentação ininterrupta) e vários computadores por ela alimentados foram danificados devido a uma descarga atmosférica. As descargas atmosféricas produzem transitórios de tensão de curta duração, mas cuja amplitude pode ser extremamente elevada, que se propagam pela rede eléctrica, atenuando-se à medida que se propagam. Esses transitórios podem levar ao mau funcionamento, redução da vida útil, ou mesmo à destruição de equipamentos, principalmente de equipamentos electrónicos sensíveis. Para proteger os equipamentos de transitórios deve se recorrer a supressores de transitórios (TVSS - *Transient Voltage Surge Suppressors*).

#### 3.2 COMUTAÇÕES DE BANCOS DE CONDENSADORES

Numa indústria têxtil os computadores dos escritórios apresentavam uma elevada taxa de avarias. Uma análise às instalações detectou a ocorrência de transitórios de tensão, provocados pelas comutações do banco de condensadores utilizado para a correcção do factor de potência da instalação (Figura 2). É sabido que as comutações de bancos de condensadores

podem provocar transitórios de tensão, que podem afectar equipamentos sensíveis, como o são os computadores e demais equipamentos informáticos. Por isso, a utilização de bancos de condensadores com comutação automática, que ligam e desligam conforme a variação das cargas de forma a manter o factor de potência acima de limites definidos, deve ser equacionada tendo em consideração a sensibilidade das cargas relativamente aos transitórios de tensão. Para além disso, os equipamentos informáticos utilizados em escritórios raramente apresentam problemas de factor de potência que justifiquem a necessidade da sua correcção, apresentando sim, problemas de harmónicos, que não são compensados por bancos de condensadores. Neste caso, a solução para o problema, passou por retirar o banco de condensadores do quadro eléctrico de alimentação dos escritórios, constatando-se que o factor de potência global não sofreu uma variação significativa. Contudo, a solução encontrada poderá não ser praticável em instalações cujo banco de condensadores esteja ligado ao Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT). A opção neste caso passaria pela utilização de supressores de transitórios (TVSS).

Uma solução alternativa, e porventura ideal, implicaria a instalação de um Filtro Activo Paralelo, que permitiria a compensação dinâmica dos harmónicos e do factor de potência, sem produzir qualquer tipo de perturbação que afectasse os equipamentos sensíveis [3].

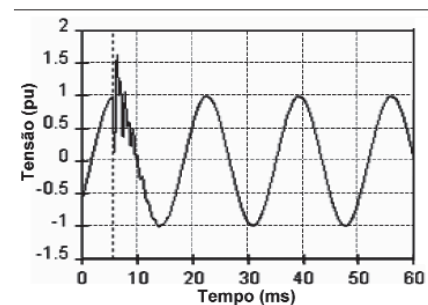


Figura 2 · Transitório de tensão devido à comutação de banco de condensadores.

### 3.3 HARMÓNICOS NAS INSTALAÇÕES

Nos últimos anos tem-se verificado um aumento significativo da utilização de cargas não lineares (variadores de frequência para motores eléctricos, UPSs, fornos a arco, fornos de indução, etc), que consomem correntes não sinusoidais, significando que incluem harmónicos. Instalações com harmónicos de corrente elevados podem apresentar problemas de sobreaquecimento dos transformadores e condutores, mesmo que os valores eficazes das correntes mantenham-se abaixo dos valores nominais. Além disso, estudos demonstram que as correntes no neutro têm aumentando em instalações de escritórios e edifícios comerciais devido à utilização crescente de equipamentos electrónicos, tais como, computadores, impressoras, fotocopiadoras, aparelhos de fax, etc., que correspondem a cargas não lineares. Esses equipamentos utilizam rectificadores monofásicos à entrada, que produzem harmónicos de corrente múltiplos do de 3ª ordem (tais como o 3º, o 9º e o 15º harmónicos), e que se somam no condutor neutro da instalação. Devido a estes harmónicos a corrente no neutro pode alcançar valores da mesma ordem de grandeza (ou mesmo superiores) aos das correntes das fases, o que para além do acréscimo de perdas, pode representar um problema grave, pois em algumas instalações os condutores de neutro tem metade da secção dos condutores de fase.

A Figura 3 apresenta um caso em que as correntes nas fases possuem valores eficazes (*True RMS*) de 56 A, 42 A e 35 A, onde a corrente de neutro alcança um valor de 40 A, devido aos elevados valores de harmónicos de 3ª ordem nos condutores de fase. Uma solução para minorar este problema estaria no sobredimensionamento do condutor de neutro, e talvez mesmo do transformador que alimenta a instalação. Contudo a solução eficaz para este problema passaria pela compensação dos harmónicos, o que pode ser feito por um Filtro Activo Paralelo.

### 3.4 HARMÓNICOS EM BANCOS DE CONDENSADORES

Noutra indústria têxtil os bancos conden-

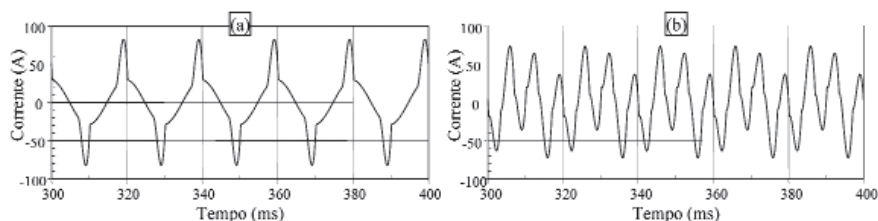


Figura 3 · Corrente numa instalação com harmónicos de 3ª ordem: (a) corrente num das fases; (b) corrente no neutro.

sadores para correcção de factor de potência instalados no QGBT avariavam com frequência. Para solucionar o problema foram instalados supressores de transitórios (TVSS), pensando-se que a causa poderia estar nas sobretensões transitórias resultantes de descargas atmosféricas. Contudo, ao fim de algum tempo verificou-se que o problema persistia. Na sequência do ocorrido foi realizado um estudo dos bancos de condensadores, constatando-se que as correntes nos mesmos eram superiores aos valores nominais, devido ao elevado conteúdo harmónico que apresentavam. De facto a impedância dos condensadores diminui com o aumento da frequência, fazendo com que estes sejam caminhos de baixa impedância para os harmónicos de corrente. A solução adoptada passou pela utilização de bancos de condensadores com filtros, que não compensam os harmónicos de corrente, mas que impedem que estes circulem através dos condensadores. Uma solução alternativa poderia passar pela substituição dos bancos de condensadores por Filtros Activos Paralelos, que permitiriam a correcção dinâmica e simultânea do factor de potência e dos harmónicos de corrente.

### 3.5 INDÚSTRIA SEM PROBLEMAS

Uma empresa do ramo petrolífero, com muitas cargas não lineares (accionamentos electrónicos de velocidade de motores, sistemas de controlo de fase para resistências eléctricas, sistemas UPS, etc), solicitou um estudo de qualidade de energia eléctrica. Constatou-se que, apesar das correntes consumidas, em algumas das suas instalações, apresentarem conteúdo harmónico elevado, não se verificavam distorções significativas nas tensões (Figura 4), ou aquecimentos excessivos nos transformadores e cabos de alimentação. Esta ausência de problemas explica-se pelo facto das instalações eléctricas estarem a trabalhar a cerca de 50% da sua capacidade nominal (a instalação em geral estava muito sobredimensionada).

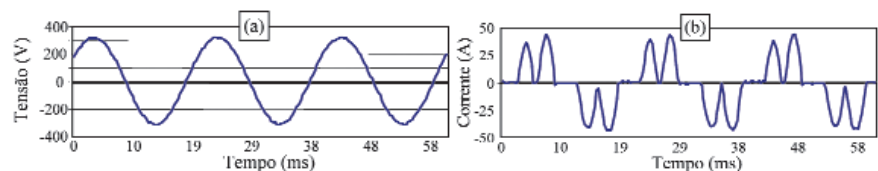


Figura 4 · Tensão e corrente numa instalação sobredimensionada.

### 3.6 PROBLEMA COM ORIGEM EXTERNA

Uma vidraria registava constantes avarias nas fontes de alimentação de diversos dos seus equipamentos. Após a realização de estudos com recurso a um monitorizador de qualidade de energia, detectou-se que a tensão na rede eléctrica que abastece essa empresa sofria grandes variações, registando-se sobretensões momentâneas (*swells*), subtensões momentâneas (*sags*) e sobretensões transitórias.

Numa reunião com o responsável pela instalação eléctrica desta empresa foi reportado que

na vizinhança da vidraria existia uma pedreira, cujas máquinas, de elevada potência e com regime de operação caracterizado por variações abruptas no consumo de corrente, eram alimentadas a partir do mesmo sistema de distribuição.

Como o problema não estava na empresa afectada, a solução consistiu em solicitar à empresa distribuidora de energia eléctrica que tomasse medidas de forma a salvaguardar a qualidade com que a energia eléctrica era entregue. A solução passou por alimentar a vidraria (empresa com equipamentos sensíveis) e a pedreira (empresa que provocava os problemas) a partir de linhas de distribuição diferentes.

#### 4 CONCLUSÃO

Os problemas de qualidade de energia podem originar danos nas instalações ou equipamentos, ou fazer com que estes funcionem de forma incorrecta, levando à interrupção de processos de fabrico com prejuízos muito elevados. Visitas a indústrias de diversos ramos, permitiram constatar que existe falta de informação relativamente às consequências que a deficiente qualidade de energia eléctrica pode acarretar para as empresas, em termos de bom funcionamento e produtividade.

Uma vez identificadas as causas dos problemas de qualidade de energia é possível adoptar medidas apropriadas para a sua correcção. A utilização permanente de um monitorizador de qualidade de energia no QGBT de uma empresa pode permitir um acompanhamento contínuo das condições de operação das instalações, permitindo uma correcção mais rápida de eventuais problemas que possam vir a ocorrer.

O Departamento de Electrónica Industrial da Universidade do Minho vem desenvolvendo

esforços nos últimos anos de forma a adquirir competências na resolução de problemas na área da Qualidade de Energia Eléctrica.

#### 5 REFERÊNCIAS

- [1] João Luiz Afonso e Júlio S. Martins, "Qualidade da Energia Eléctrica", Revista *o electricista*, nº 9, 3º trimestre de 2004, ano 3, pp. 66-71.
- [2] José Batista, J. S. Martins, João L. Afonso, "Sistema de Monitorização da Qualidade da Energia Eléctrica Baseado em PC e Desenvolvido em LabVIEW", Revista *robótica*, nº 58, 2005, pp. 40-44.
- [3] João Afonso, Júlio Martins, M. Aredes e E. Watanabe, "Filtro Activo Paralelo com Controle Digital de Baixo Custo", IV SBQEE, , Porto Alegre, Brasil, 12-17 Agosto 2001.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia), financiadora do Projecto POCTI/ESE/41170/2001.

