

rede harmónicos de corrente de amplitude superior a determinados valores. É dessa forma evidenciada a importância em resolver os problemas dos harmónicos, quer para os novos equipamentos a serem produzidos, quer para os equipamentos já instalados.

PROBLEMAS DE QUALIDADE DE ENERGIA ELÉCTRICA

Entre os problemas de qualidade de energia, a interrupção do fornecimento é, incontestavelmente, o mais grave, uma vez que afecta todos os equipamentos ligados à rede eléctrica, à excepção daqueles que sejam alimentados por UPS's (*Uninterruptable Power Supplies* – sistemas de alimentação ininterrupta) ou por geradores de emergência. Contudo, outros problemas de qualidade de energia, como os descritos a seguir e ilustrados na Figura 2, além de levarem à operação incorrecta de alguns equipamentos, podem também danificá-los:

- Distorção harmónica: quando existem cargas não lineares ligadas à rede eléctrica a corrente que circula nas linhas contém harmónicos e as quedas de tensão provocadas pelos harmónicos nas impedâncias das linhas faz com que as tensões de alimentação fiquem também distorcidas.
- Ruído (interferência electromagnética): corresponde ao ruído electromagnético de alta-frequência, que pode ser produzido pelas comutações rápidas dos conversores electrónicos de potência.
- Inter-harmónicos: surgem quando há componentes de corrente que não estão relacionadas com a componente fundamental (50 Hz); essas componentes de corrente podem ser produzidas por fornos a arco ou por cicloconversores (equipamentos que, alimentados a 50 Hz, permitem sintetizar tensões e correntes de saída com uma frequência inferior).
- Interrupção momentânea: ocorre, por exemplo, quando o sistema eléctrico dispõe de disjuntores com religador, que abrem na ocorrência de um curto-circuito, fechando-se automaticamente após alguns milissegundos (e mantendo-se ligados caso o curto-circuito já se tenha extinguido).
- Subtensão momentânea (*voltage sag*): também conhecido por “cava de tensão”, pode ser provocada, por exemplo, por um curto-circuito momentâneo num outro alimentador do mesmo sistema eléctrico, que é eliminado após alguns milissegundos pela abertura do disjuntor do ramal em curto.
- Sobretensão momentânea (*voltage swell*): pode ser provocada, entre outros casos, por situações de defeito ou operações de comutação de equipamentos ligados à rede eléctrica.
- Flutuação da tensão (*flicker*): acontece devido a variações intermitentes de certas cargas, causando flutuações nas tensões de alimentação (que se traduz, por exemplo, em oscilações na intensidade da iluminação eléctrica).
- Micro-cortes de tensão (*notches*): resultam de curto-circuitos momentâneos, que ocorrem durante intervalos de comutação dos semicondutores de potência dos rectificadores.
- Transitórios: ocorrem como resultado de fenómenos transitórios, tais como a comutação de bancos de condensadores ou descargas atmosféricas.

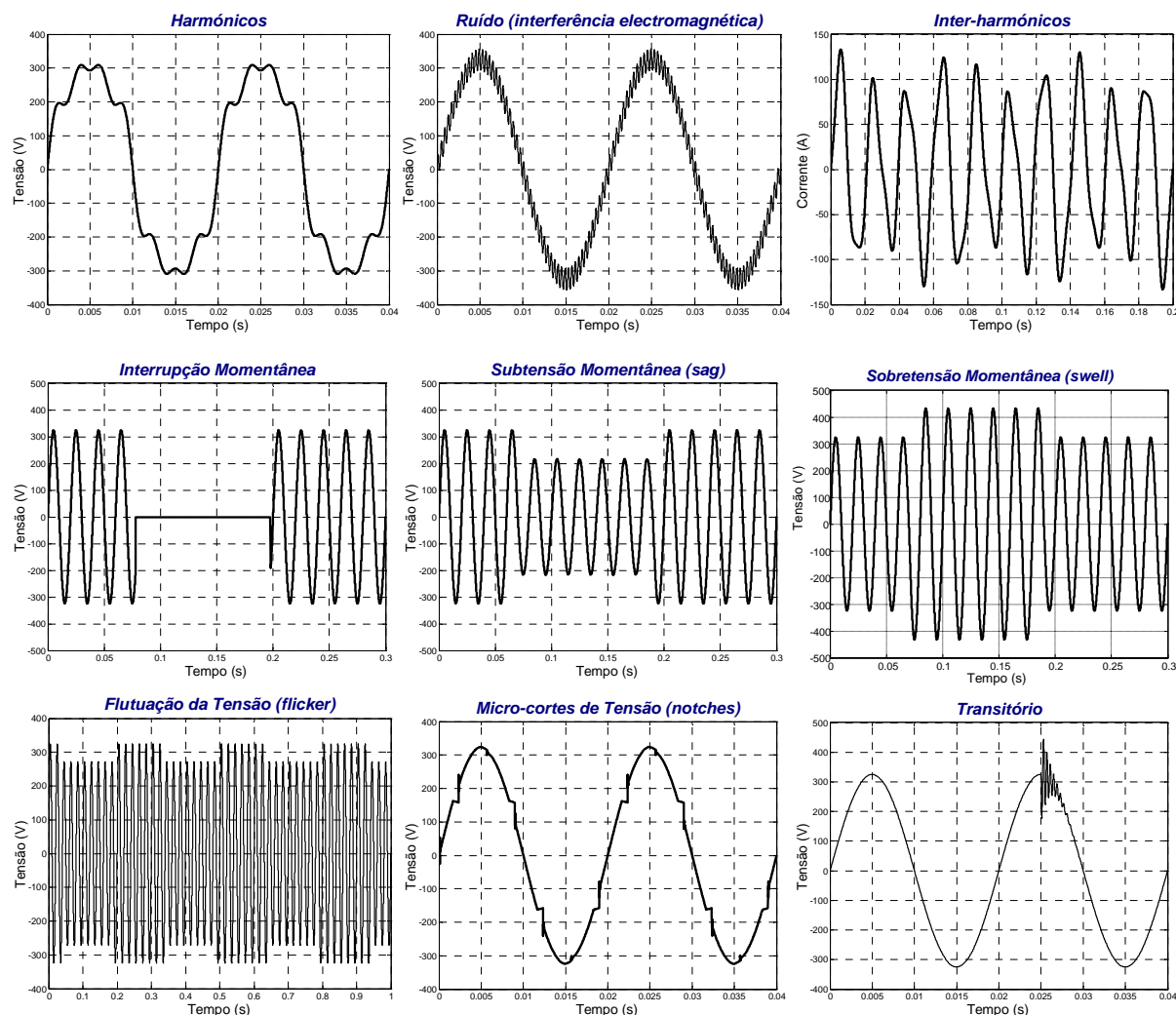


Figura 2 - Problemas de qualidade de energia eléctrica.

ORIGENS DA “POLUIÇÃO” HARMÓNICA

Grande parte dos problemas que surgem nos sistemas eléctricos tem origem na excessiva distorção das correntes ou tensões junto ao consumidor final.

A principal causa deste fenómeno, que pode ser visto como um tipo de poluição do ambiente electromagnético, é a crescente popularidade dos equipamentos electrónicos alimentados pela rede eléctrica, tais como computadores, aparelhos de televisão, balastros electrónicos para lâmpadas de descarga, controladores electrónicos para uma enorme variedade de cargas industriais, etc.

Quase todos os equipamentos electrónicos com alimentação monofásica ou trifásica incorporam um circuito rectificador à sua entrada, seguido de um conversor comutado do tipo *cc-cc* ou *cc-ca*. Um dos tipos de rectificadores mais utilizados em equipamentos de baixa potência é o rectificador monofásico de onda completa com filtro capacitivo, que possui uma corrente de entrada altamente distorcida, tal como se mostra na Figura 3. O elevado conteúdo harmónico da corrente distorce a tensão de alimentação devido à queda de tensão na impedância das linhas.

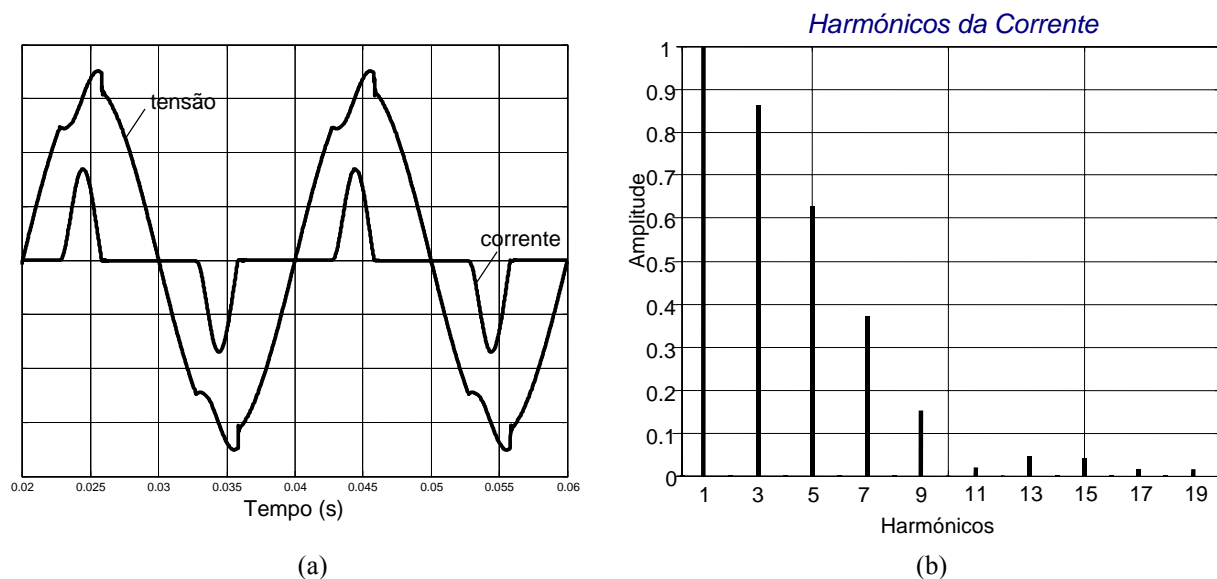


Figura 3 – Rectificador monofásico com filtro capacitivo: (a) formas de onda da tensão e da corrente de entrada; (b) harmónicos da corrente (valores normalizados).

Os controladores de fase, muito utilizados para controlar a potência em sistemas de aquecimento e ajustar a intensidade luminosa de lâmpadas (*dimmers*), também produzem formas de onda com conteúdo harmónico substancial e interferência electromagnética de alta-frequência. Mesmo as lâmpadas fluorescentes normais contribuem significativamente para os harmónicos na rede, devido ao comportamento não linear das descargas em meio gasoso e ao circuito magnético do balastro, que pode operar na região de saturação.

Para além da distorção das formas de onda, a presença de harmónicos nas linhas de distribuição de energia origina problemas em equipamentos e componentes do sistema eléctrico, nomeadamente [2-8]:

- aumento das perdas (aquecimento), saturação, ressonâncias, vibrações nos enrolamentos e redução da vida útil de transformadores;
- aquecimento, binários pulsantes, ruído audível e redução da vida útil das máquinas eléctricas rotativas;
- disparo indevido dos semicondutores de potência em rectificadores controlados e reguladores de tensão;
- problemas na operação de relés de protecção, disjuntores e fusíveis;
- aumento nas perdas dos condutores eléctricos;
- aumento considerável na dissipação térmica dos condensadores, levando à deterioração do dieléctrico;
- redução da vida útil das lâmpadas e flutuação da intensidade luminosa (*flicker* – para o caso de ocorrência de subharmónicos);
- erros nos medidores de energia eléctrica e instrumentos de medida;
- interferência electromagnética em equipamentos de comunicação;
- mau funcionamento ou falhas de operação em equipamentos electrónicos ligados à rede eléctrica, tais como computadores, controladores lógicos programáveis (PLCs), sistemas de controlo comandados por microcontroladores, etc. (cabe lembrar que estes equipamentos controlam processos de fabrico).