

## Apêndice D

### Efeito “*Flicker*” em Fornos a Arco

#### D.1 INTRODUÇÃO

Cintilação de luz é a impressão visual resultante das variações do fluxo luminoso nas lâmpadas elétricas causadas pelas flutuações de tensão de alimentação. A cintilação vem do termo “*flicker*” em inglês.

O efeito de cintilação (“*flicker*”) é consequência da variação de tensão de suprimento sobre o sistema de iluminação constituída, principalmente, de lâmpadas do tipo incandescentes. Mais precisamente, a cintilação de luz é caracterizada como sendo a “impressão subjetiva de flutuação da luminância”. O “*flicker*” normalmente é originado pelas variações bruscas de Cargas Elétricas Especiais (CEE) tais como fornos a arco, máquinas de soldas, conversores de laminadores, partidas de motores, chaveamento de estágio de bancos de capacitores, etc. Estas flutuações de tensão, quando ocorrem no Ponto de Acoplamento Comum (PAC) com a indústria causam perturbações aos consumidores que estão mais próximos eletricamente dos locais com CEE.

Se estas flutuações ocorrem em determinadas frequências e amplitudes, as lâmpadas ficam piscando (“*flicker*”) e ocorrem interferências em alguns equipamentos eletrônicos sensíveis como, por exemplo, Controladores Lógicos Programáveis (CLP), inversores de frequência, microcomputadores industriais, etc.

As lâmpadas incandescentes são particularmente sensíveis, mesmo às pequenas variações de tensão repetidas devido à baixa constante térmica dos filamentos (10 a 200 mseg).

Cabe destacar que resumidamente:

Lâmpadas incandescentes são sensíveis na faixa de	4 a 10 Hz
Lâmpadas fluorescentes são sensíveis na faixa	em torno de 20 Hz
Perturbações dos fornos a arco ocorrem na faixa de	2 a 10 Hz

O problema relacionado ao “*flicker*” é bastante antigo, visto que, nas décadas de 20 e 30, já havia levantamentos a respeito do assunto (General Electric Company, 1925). A Figura E.1 a seguir, ilustra os resultados das pesquisas feitas pela General Electric Company em 1925.

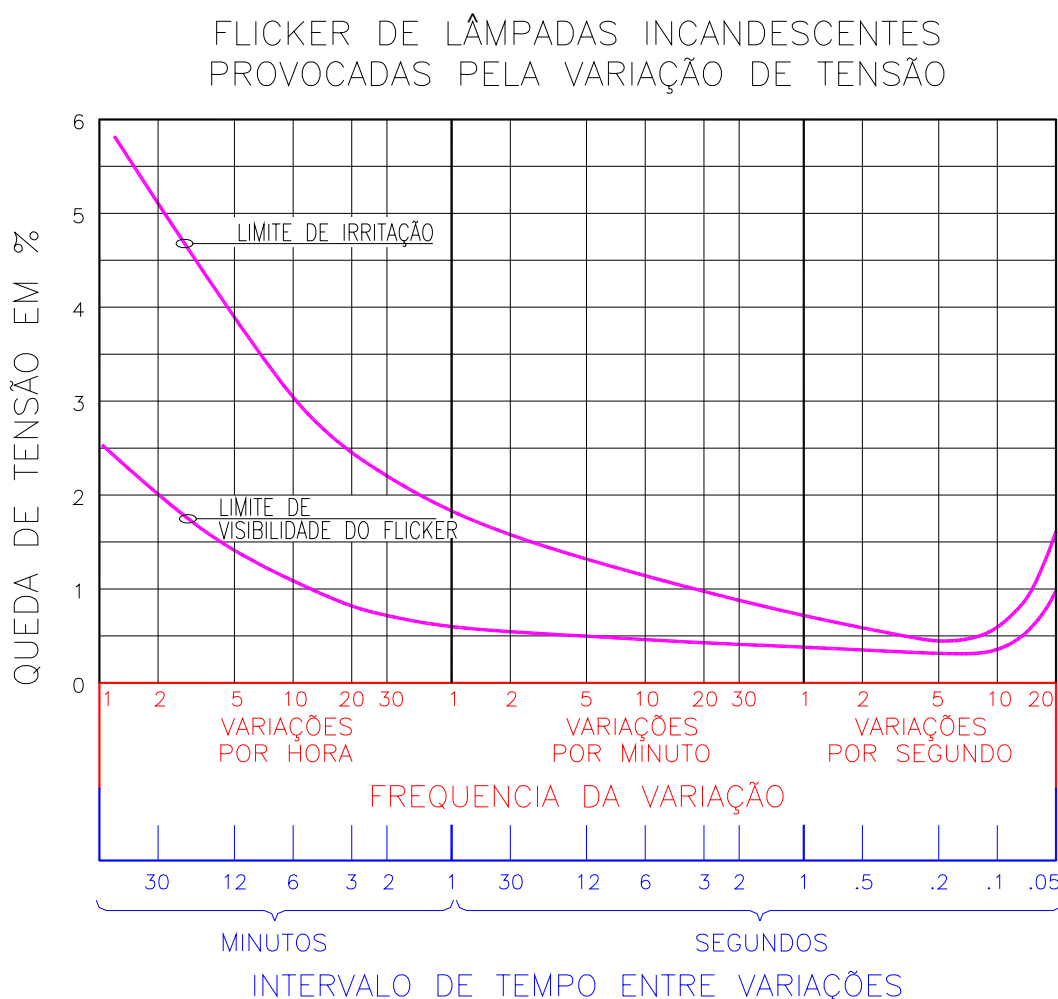


Figura D.1 - Relação da variação da tensão e freqüência aplicada a lâmpadas incandescentes.

Por outro lado, a imposição de restrições operativas sobre as Cargas Elétricas Especiais (CEE) pode inviabilizar economicamente a atividade industrial. Daí a necessidade de se instalar sistemas de controle denominados compensadores estáticos, que respondem em meio ciclo ou menos de freqüência da rede (10 ou 8,33 msec para 50 ou 60 Hz, respectivamente) para evitar que tais perturbações ocorram. A Figura E.2 ilustra uma modulação típica na onda de tensão de 50 Hz que causa o efeito “*flicker*”.

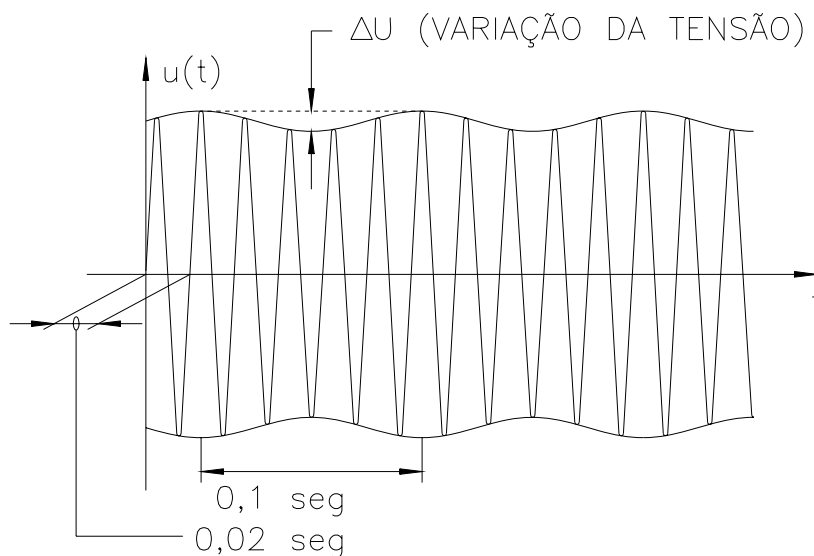


Figura D.2 - Forma de onda típica quando ocorre flutuação de tensão ( $F=50$  Hz).

Uma característica na operação de fornos elétricos a arco, particularmente durante a fusão, é a ocorrência de curto-circuitos entre os eletrodos e a carga (sucata). Também acontece que o arco, estando extinto, não apresenta corrente na fase correspondente. Devido a não linearidade do arco, as variações de corrente são raramente simétricas e normalmente duas fases ficam muitas vezes em curto-circuito enquanto que a terceira fase está sem corrente. Entre estes extremos, ocorre todo grau possível de desequilíbrio.

Com base na Figura E.3, observa-se que as frequências próprias do arco elétrico na faixa de 7 a 10 Hz não devem provocar, por exemplo, quedas nas tensões superiores a 0,5% para as lâmpadas alimentadas em 225 V, e de 0,8% para aquelas ligadas em 125 V.

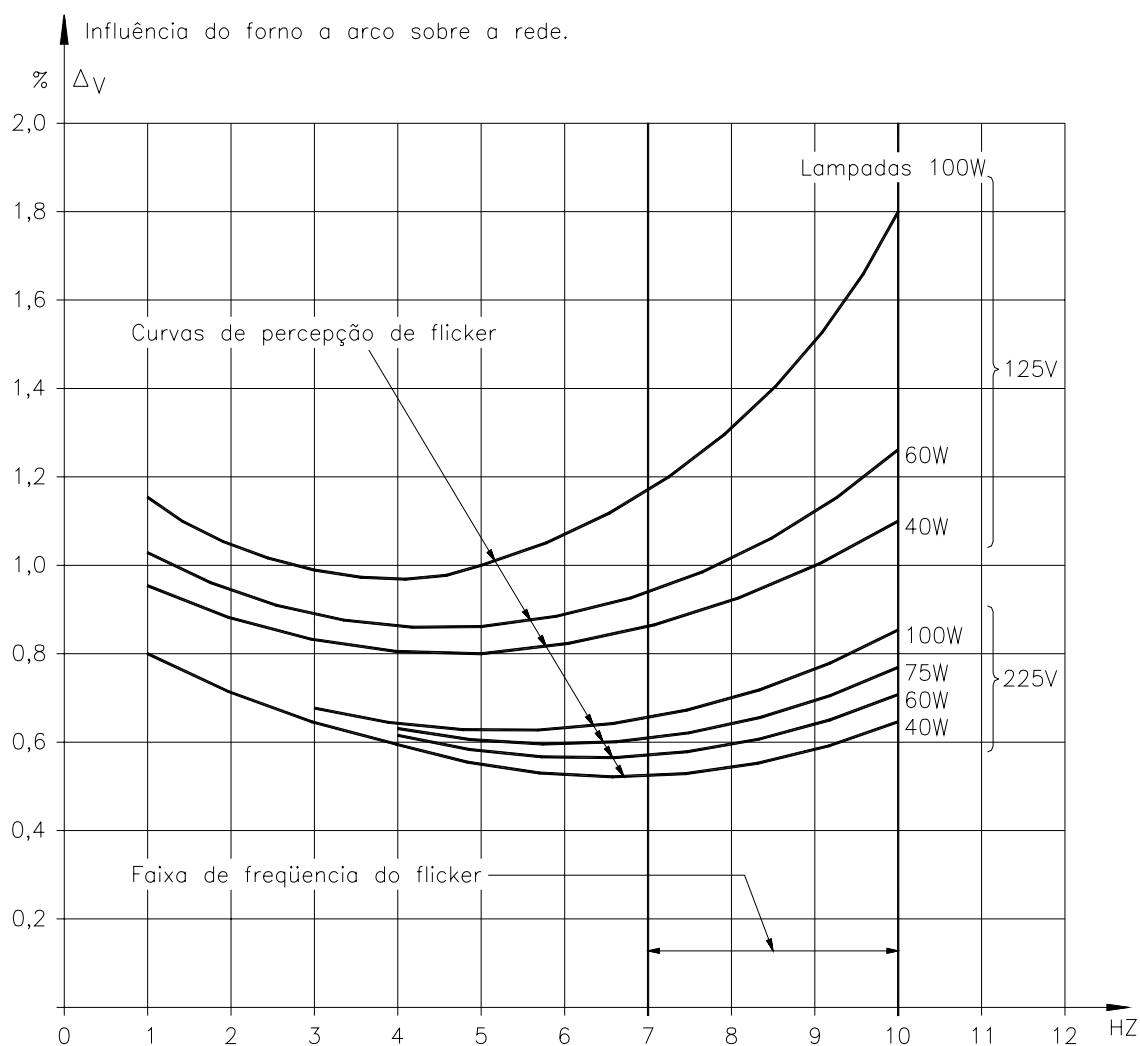


Figura D.3 - Variação da Tensão em função da frequência para lâmpadas incandescentes situadas na faixa de 40 a 100 W para tensões desde 125 até 225 V.

## D.2 LIMITES ESTABELECIDOS PARA AS PERTURBAÇÕES PROVOCADAS POR FORNOS A ARCO

O efeito “*flicker*” provocado por fornos à arco pode ser verificado pelo método de cálculo de  $U_{tg}$  (“*gauge-point*”). Inicialmente calcula-se a queda de tensão dada pela expressão a seguir:

$$\Delta U_c \% = \frac{S_{CCF}}{SCC} \cdot 100 \quad (1)$$

Após determinar este valor, calcula-se o  $U_{fg}$  dado por:

$$U_{fg} = k_s \cdot \Delta U_c \quad (2)$$

onde:

$S_{CCF}$  - potência de curto circuito nos terminais dos eletrodos do forno, ou pode ser estimada alternativamente como sendo duas vezes a potência nominal do transformador do forno);

$S_{cc}$  - potência de curto circuito trifásica (normalmente deve-se utilizar o valor mínimo);

$\Delta U_c$  - queda de tensão para o forno em curto;

$k_s$  - fator de severidade, é uma característica do forno ligada ao regime de operação.

Normalmente situa-se entre 0,09 a 0,15 (um valor usual para  $k_s$  é 0,12).

Como limite típico de  $U_{fg}$ , tem-se:

$U_{fg} \leq 0,25\%$  para tensões nominais iguais ou inferiores a 138 kV;

$U_{fg} \leq 0,20\%$  para tensões nominais superiores a 138 kV.

A norma IEC 61000-4-15 (2003) indica os critérios e forma para a medição do efeito do “*flicker*” em sistemas elétricos.