O comportamento do corpo humano à passagem da corrente eléctrica. Novas orientações em estudo na C.E.I. relativas aos efeitos da corrente alternada de frequência superior a 100 Hz

L. M. VILELA PINTO
Eng.º Electrotécnico (U. P.)

resumo

Apresenta-se uma resenha dos principais conhecimentos recentes e das novas orientações em estudo na Comissão Electrotécnica Internacional (CEI) relativos aos efeitos da corrente alternada de frequência superior a 100 Hz.

abstract

This paper presents a set of main topics concerning the effects of current passing through the human body and refers new orientations under study at the I. E. C. related with the effects of alternating current with frequencies above 100 Hz.

1. Introdução

A utilização crescente de equipamentos e sistemas a operar em corrente alternada de frequência diferente da frequência industrial — instalações e equipamentos de aviões, aparelhos portáteis (em especial, de soldadura eléctrica), aparelhos de potência (fornos eléctricos) e aparelhos para usos médicos (electroterapia) (1) — impôs um estudo mais aturado dos efeitos dessas correntes sobre o corpo humano.

Assim e, em seguimento de estudos já efectuados e apresentados internacionalmente na Publicação

(1) As gamas de frequência típicas para os dois primeiros casos são 400-450 Hz, para o terceiro caso 20 kHz-1MHz e para as utilizações médicas 4-5 kHz.

CEI 479 — Edição de 1974 [1], procedeu a Comissão Electrotécnica Internacional (C.E.I.) à recolha e tratamento do conjunto disponível de dados recentes sobre a matéria, sendo possível desde já retirar algumas conclusões provisórias, apresentadas sob a forma de projecto de Recomendação [2].

As conclusões em questão apontam para novas perspectivas de encarar a situação, nomeadamente pelo seu uso com vista à avaliação mais concreta e precisa dos riscos inerentes à utilização destas gamas de frequência.

Neste trabalho abordam-se, de forma sucinta, os problemas expostos com base nos elementos nesta data acessíveis.

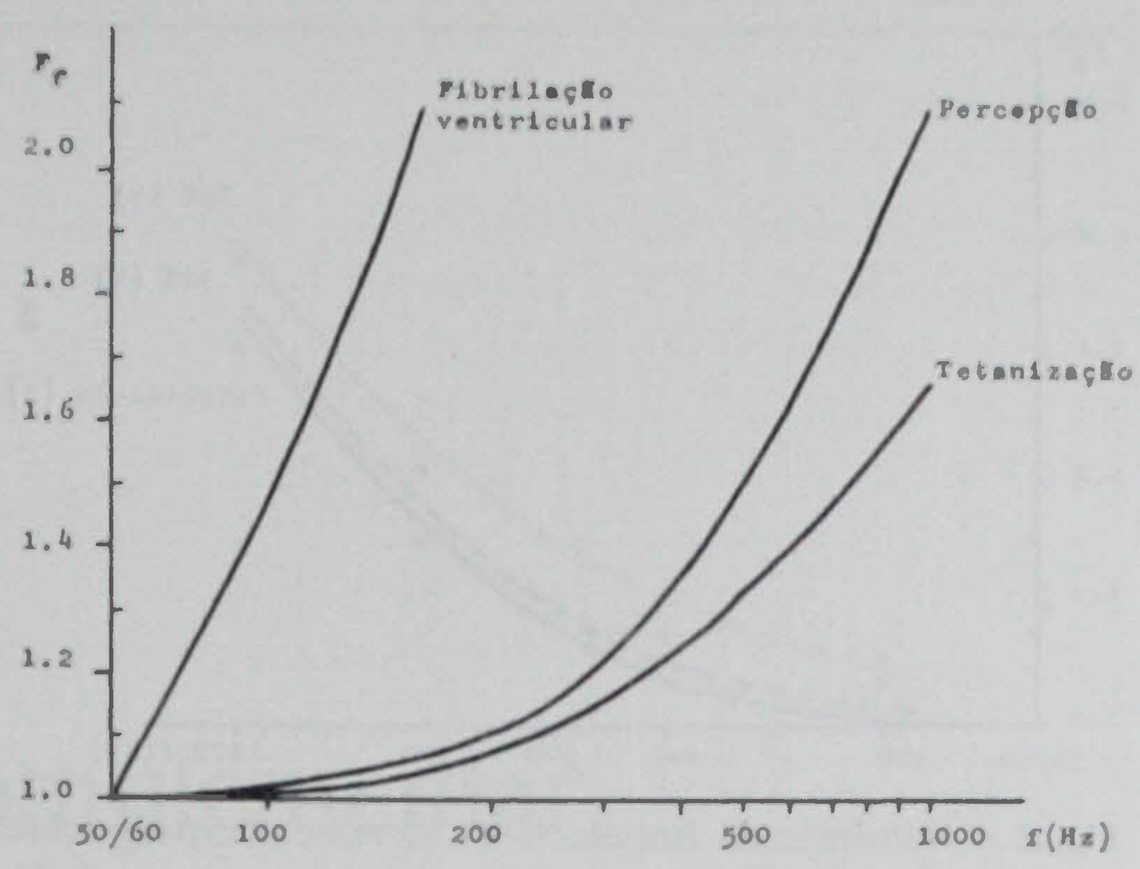

Fig. 1 — Influência da frequência da corrente alternada sobre o corpo humano. Limiares. Gama 100-1000 Hz

2. A influência da frequência da corrente alternada nos efeitos sobre o corpo humano

Uma dada intensidade de corrente eléctrica alternada (valor eficaz) ao percorrer o corpo humano em caso de acidente por acção da electricidade provoca um conjunto de efeitos neuro-musculares, função de um conjunto de parâmetros em que toma importância relevante a intensidade e o tempo de exposição.

À frequência industrial de 50/60 Hz (2) esses efeitos são dos mais violentes, razão porque se tornou de imediato imperativa uma tomada de posição relativamente às medidas de segurança contra acidentes, a exigir com vista ao impedimento de fenómenos iniciais, tais como a tetanização (crispação muscular), fibrilação ventriculaar, etc. e fenómenos secundários, tais como, os distúrbios psíquicos e psico-nevróticos e os distúrbios orgânicos (síncope, lesão da matéria cerebral, etc.).

De uma forma geral, as correntes alternadas de frequência superior à frequência industrial apresentam-se de menor perigosidade que estas, embora não se possa afirmar que o perigo desaparece totalmente (existe um conjunto de acidentes registado e tratado estatisticamente).

Experimentalmente, verificou-se que a impedância da pele Z_p decresce sensivelmente com o crescimento da frequência, para tensões de contacto de algumas dezenas de volt (3), o que nos permite concluir que a impedância do corpo humano Z_g, nestas condições, é praticamente igual à impedância interna Z_i [3]:

$$Z_g = Z_i + Z_p \simeq Z_i$$

Para pessoas fisiologicamente normais e sem qualquer limite da idade e peso é possível definir os efeitos da corrente alternada a uma dada frequência em função dos efeitos equivalentes à frequência industrial.

Para que tal análise seja possível, a CEI apresenta [2] um coeficiente, designado por factor de frequência F_f (4), definido com o rácio entre as intensidades de corrente limiares à frequência f e à frequência de 50/60 Hz, para um dado efeito fisiopatológico:

$$F_f = \frac{I_{1(f)}}{I_{1(50/60\,Hz)}}$$

O factor de frequência é diferente consoante o efeito em estudo.

Para a percepção, tetanização (non-lâcher/let-go) e fibrilação ventricular (duração de exposição superior ao ciclo cardíaco e correntes longitudinais) apresentam-se na figura 1 as funções $F_f = g(f)$ para a gama de frequência 100-1000 Hz.

Na figura 2 são apresentadas idênticas funções para a tetanização considerando os valores propostos pela CEI e valores em termos probabilísticos [4].

(2) Valor estabelecido por razões tipicamente técnicas.

(3) Para frequências de 500 Hz, a impedância da pele aproxima-se de valores da ordem dos 10 % dos equivalentes respectivos à frequência industrial.

(4) Notar que para a corrente contínua é adoptada uma metodologia idêntica, pela definição de um factor de corrente contínua *K*. Para a problemática dos trajectos da corrente eléctrica no organismo, do mesmo modo se define um factor de corrente de coração *F* para redução das situações reais a uma situação definida como referência [3].

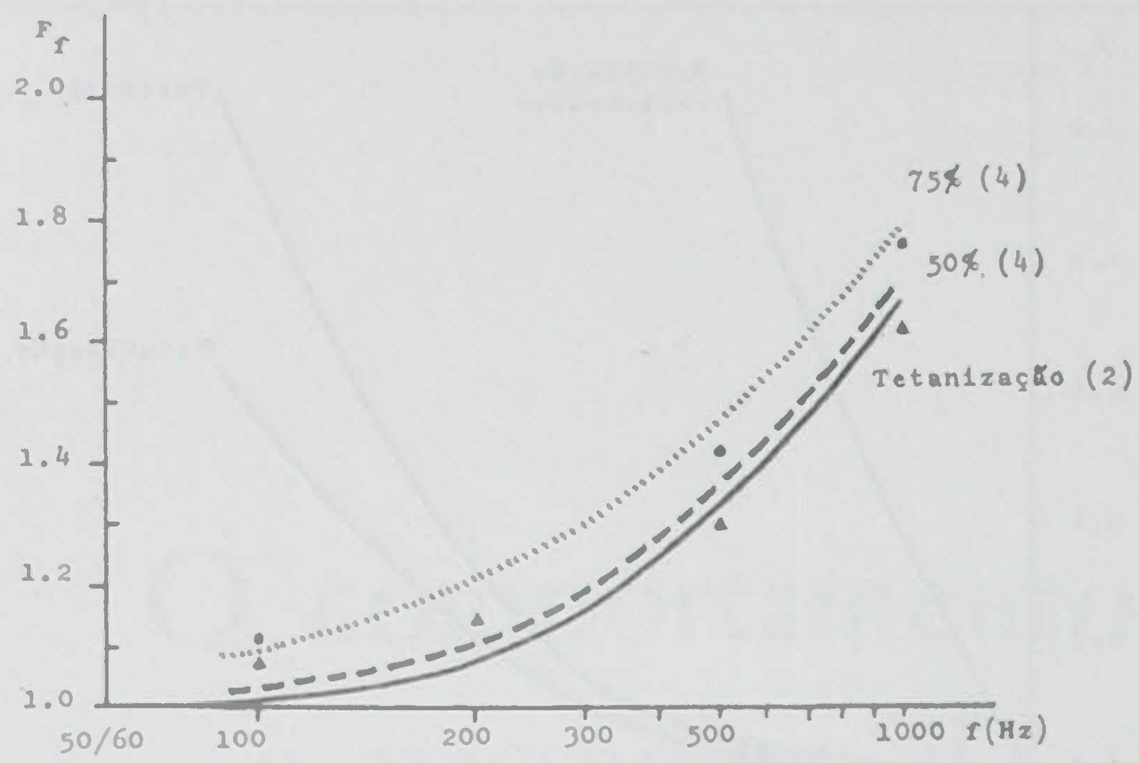

Fig. 2 — Influência da frequência da corrente alternada sobre o corpo humano. Limiar de tetanização em termos probabilísticos. Gama 100-1000 Hz

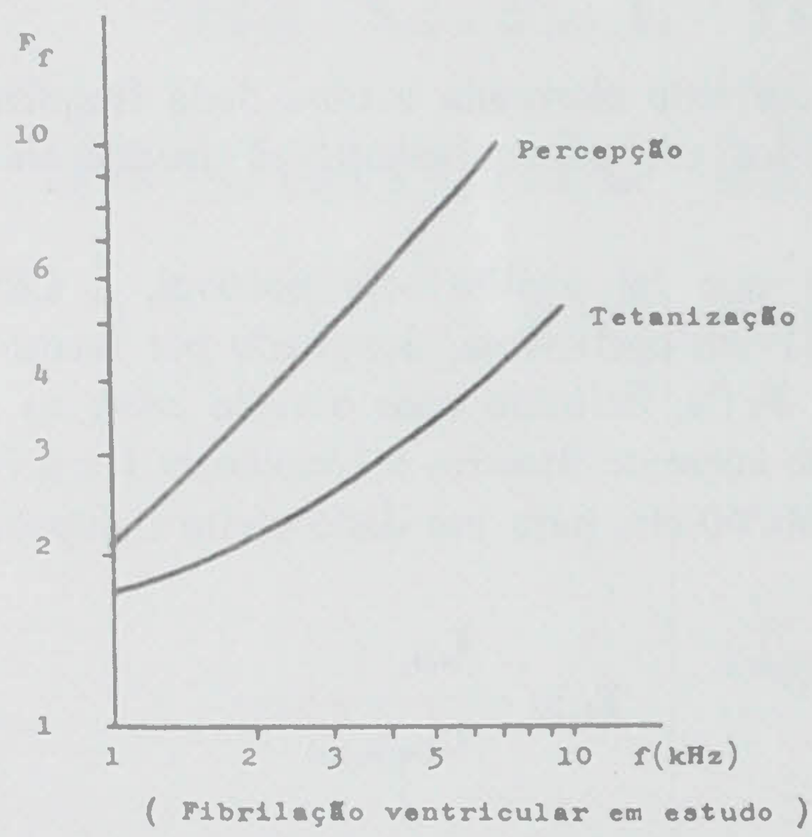

Fig. 3 — Influência da frequência da corrente alternada sobre O corpo humano. Limiares. Gama 1 000-10 000 kHz

Na figura 3 indicam-se os elementos relativos à banda de frequência 1 000-10 000 Hz, ressalvando-se os aspectos da fibrilação ventricular que se encontram ainda em estudo.

Para frequências superiores às apontadas os limiares de percepção não se encontram estabelecidos ([5]), sendo de referir que não são conhecidos incidentes (tetanização, fibrilação ventricular) acima de 100 kHz.

A sensação típica de formigueiro característica da percepção para as frequências até 100 kHz poderá transformar-se em calor, dependendo do valor eficaz da intensidade de corrente e do tempo de exposição, indiciando que para este tipo de acções se pode verificar a hipótese de queimaduras profundas [2].

3. Conclusões

Os elementos citados, embora sem carácter definitivo, permitem afirmar que a utilização de equipamentos e sistemas eléctricos a funcionar em frequências diferentes da frequência industrial apresenta-se de menor risco para as pessoas, embora este não seja de excluir de todo.

A influência de frequência traduz-se de uma forma geral em efeitos de contracção muscular, efeitos esses que estão relacionados com os instantes de ocorrência dos acidentes. Durante o período de latência dos efeitos de uma acção, uma segunda acção não produz efeitos detectáveis.

Fora do período anterior é já possível o aparecimento da sobreposição de efeitos.

O efeito máximo (tetanização completa) é obtido experimentalmente para a frequência média de 10,3 Hz [5].

Sob o ponto de vista da fibrilação ventricular a importância do tempo de exposição permanece relevante.

Aponta-se a hipótese de existência de queimaduras profundas para frequências muito elevadas.

([5]) Os limiares de percepção entre 10-100 kHz encontram-se experimentalmente entre 10-100 mA [2].

BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS

[1] L. M. VILELA PINTO, M. A. S. COELHO, *A Segurança das Pessoas em Instalações Eléctricas*, Porto Editora, Lda. 1980.

[2] *Effects of current passing through the human body*. Part 2: *Effects of alternating current with frequencies above 100 Hz*, IEC Draft, August 1984.

[3] L. M. VILELA PINTO, *O comportamento do corpo humano à passagem da corrente eléctrica. Novas orientações em estudo na Comissão Electrotécnica Internacional (CEI)*, Revista Electricidade n.º 193, 1983.

[4] R. CHOQUET, *La Sécurité Électrique. Téchniques de prévention*, Dunod, 1984.

[5] D. FOLLIOT, *Les accidents de origine électrique. Leur prévention*, Masson, 1982.