

Se neste caso, se tratarem de curto-circuitos de grande duração ($t_c > 0,04$ a $0,06$ s) virá que $m \cong 0$, sendo então

$$I_{eq} \cong I_{cc}$$

Para os de longa duração ($t_c > 2$ s), $I_{cc}'' = I_{cc}$, $m = 0$, $n = 1$, sendo então

$$I_{eq} = I_{cc}$$

Nestes 2 últimos casos I_{cc} pode ser obtido a partir da potência de curto-circuito no local da rede onde é instalado o PT, S_{cc}

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times V_C}$$

7.1.2.2 - ESFORÇOS ELECTRODINÂMICOS DE CURTO-CIRCUITO

De um modo geral, tendo em vista a resistência da aparelhagem aos esforços electrodinâmicos de curto-circuito, deverá ser:

$$I_k (\text{aparelho}) \geq I_k (\text{calculado})$$

em que I_k (aparelho) é a corrente limite dinâmica do aparelho e I_k (calculado) o valor previsto da crista da corrente de curto-circuito.

7.2 - DIMENSIONAMENTO DA APARELHAGEM

7.2.1 - SECCIONADORES, TC E RELÉS DIRECTOS

Para estes aparelhos deverão verificar-se as seguintes condições:

$$\begin{aligned} & I_N \geq I_S \\ & I_{IS} \geq I_{cc}'' \sqrt{(m+n) \times t_c} \\ & I_{SS} \geq I_{cc}'' \sqrt{(m+n) \times \frac{t_c}{3}} \end{aligned}$$

7.2.2 - INTERRUPTORES E INTERRUPTORES-SECCIONADORES

Para estes aparelhos, além das condições de 7.2.1, deverá verificar-se também a seguinte:

$$p.d.c. \geq I_S$$

7.2.3 - DISJUNTORES

Para estes aparelhos, além das condições de 7.2.1, deverá verificar-se também as seguintes:

$$p.d.c. \geq I_{cc}'' \quad (\text{longe dos geradores } p.d.c. \geq I_{cc})$$

$$p.d.f. \geq I_k$$

7.3 - DIMENSIONAMENTO DE BARRAMENTOS

Os barramentos são dimensionados ao regime nominal, aos esforços térmicos e dinâmicos de curto-circuito e à ressonância mecânica.

7.3.1 - REGIME NOMINAL

Deverá verificar-se a condição

$$I_{tab} \geq I_s$$

sendo I_{tab} a corrente máxima admissível indicada nas tabelas apresentadas no final de 7.3.5, que em situações como as referidas em 7.1.1, terá de ser afectada dos respectivos factores de correcção.

7.3.2 - ESFORÇOS TÉRMICOS DE CURTO-CIRCUITO

O cálculo será conduzido de uma das formas indicadas em 3.2 do Capítulo II:

- a partir dos valores de I_{eq} e t_c , obtem-se a secção do barramento s pelos ábacos da pág. II/18;
- calculando Δt (tempo adicional que tem em conta o efeito de I_k) a partir de I_k e I_{cc} e conhecidos t_c e $\theta_{m\acute{a}x}$ admitida pelo material, obtem-se s através da expressão apresentada na pág. II/21.

7.3.3 - ESFORÇOS ELECTRODINÁMICOS DE CURTO-CIRCUITO

Se forem

- L - distância entre apoios (cm)
- p - esforço electrodinâmico (kgf/m)
- P - peso da barra (kgf/m)
- d - distância entre barras (cm)

como $P \ll p$, o momento flector será dado por

$$M = \frac{p L^2}{12} \quad (\text{kgf.cm})$$

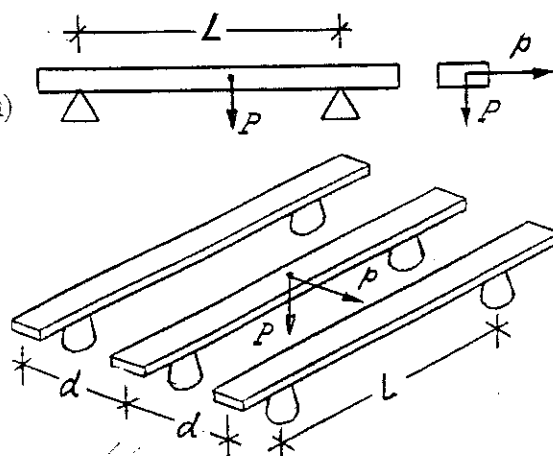


Fig. 68

*barra ao
barra (depende da posição da
barra)*

sendo 12 o valor médio de 8 (para barras simplesmente apoiadas) e 16 (para barras rigidamente encastradas), dado estar-se neste caso numa situação intermédia (barras fixas por aperto).

O momento resistente é dado por $\sigma \times W$ (kgf.cm)

em que

$$W = \frac{J}{V} \quad (\text{cm}^3)$$

é o módulo de flexão.

Nestas expressões:

J - momento de inércia da secção (cm⁴) \Rightarrow Valores indicados nas pág. A-IV/1 a 5

V - distância da fibra neutra à fibra mais fatigada da barra (cm)

σ - carga limite de elasticidade (kgf/cm²) \Rightarrow Valores indicados na pág. A-IV/6

Para que não hajam deformações permanentes nas barras, deverá ser:

$$M \leq \sigma \times W \quad \Rightarrow \quad \frac{p L^2}{12} \leq \sigma \times W \quad \Rightarrow \quad W \geq \frac{p L^2}{12 \sigma}$$

Tomando a expressão vista na pág. II/23 para o curto-circuito trifásico

virá

$$p = 10,8 \frac{I_{cc}^2}{d} \quad (\text{kgf/m})$$

$$W \geq \frac{10,8 \frac{I_{cc}^2}{d} \times 10^{-2} L}{12 \sigma} \quad (\text{cm}^3) \Rightarrow \boxed{W \geq \frac{9 I_{cc}^2 L^2}{\sigma d} \times 10^{-3}} \quad (\text{cm}^3)$$

$I_{cc} - \text{kA}$
 $d - \text{cm}$

$I_{cc} - \text{kA}$
 $L - \text{cm}$
 $\sigma - \text{kgf/cm}^2$
 $d - \text{cm}$

7.3.4 - VERIFICAÇÃO À RESSONÂNCIA

A frequência própria de vibração das barras não deve estar próxima da frequência da rede (50 Hz) ou da frequência da sua 1ª. harmónica ($2 \times 50 = 100$ Hz), pois caso isso aconteça os esforços resultantes da vibração das barras, poderão devido a fenómenos de ressonância, provocar a rotura do seu material e dos isoladores de suporte.

Assim, são normalmente evitadas as frequências próprias dos barramentos f_0 contidas nos seguintes intervalos:

$$f_0 = 50 \pm 20\% = 40 \text{ a } 60 \text{ Hz}$$

$$f_0 = 100 \pm 10\% = 90 \text{ a } 110 \text{ Hz}$$

A frequência própria de uma barra é calculada por

$$f_o = K \times \sqrt{\frac{E \times J}{m \times L^4}}$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{E \times J \times K^2}{m \times f_o^2}}$$

sendo:

- K - factor que depende da forma como as barras são fixadas aos apoios, que na situação mais desfavorável (ligações rígidas) é $K = 112$
 m - peso de 1 cm de barra (kgf/cm) \Rightarrow Tabelas das pág. A-IV/1 a 5
 J - momento de inércia da secção da barra (cm⁴) \Rightarrow Tabelas das pág. A-IV/1 a 5
 L - distância entre apoios (cm) \Rightarrow Medida no desenho
 E - módulo de Young do material da barra (kgf/cm²) \Rightarrow Valores indicados na pág. A-IV/6.

Aplicando a expressão anterior para valores de f_o iguais a 40, 60, 90 e 110 Hz, obteremos os valores dos vãos a eles correspondentes. Com estes valores poderemos construir uma cércea, como a apresentada na figura, à escala do desenho no qual se encontra representado o barramento, em que assinalaremos as duas zonas em que a barra não poderá ter apoios (entre 40 e 60 Hz e entre 90 e 110 Hz). Com a cércea, serão então percorridos todos os vãos do barramento, sendo para cada vão, a origem da cércea colocada sobre o ponto onde se situa o apoio de cada extremidade, não devendo o apoio imediatamente a seguir ficar situado em ambas as zonas assinaladas. Se tal acontecer, o apoio terá de ser reposicionado ou considerar mais um apoio. Caso este procedimento não resulte, ter-se-á de optar por outro tipo de barra.

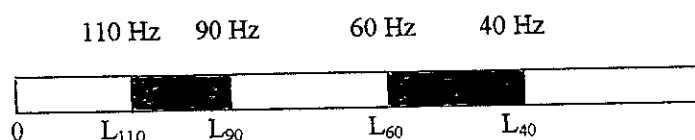


Fig. 69

7.3.5 - CÁLCULO DOS ISOLADORES DE APOIO DO BARRAMENTO

A força electrodinâmica máxima, que actua uma barra, na secção em que ela está apoiada é a respeitante à maior semi-soma de vãos adjacentes a essa secção. Se os vãos respeitantes a essa semi-soma forem L_1 e L_2 , a força será dada por:

$$F = p \times \frac{L_1 + L_2}{2} \quad (\text{kgf})$$

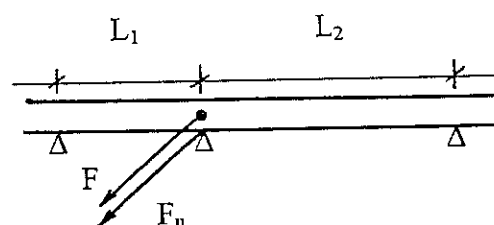


Fig. 70

O esforço à cabeça do isolador será então:

$$F_u = \frac{F \left(H + e + \frac{h}{2} \right)}{H} \quad (\text{kgf})$$

Nestas expressões tem-se que

h - altura da barra
 e - altura do ligador e calço
 H - altura do isolador
 p - esforço electrodinâmico, calculado como se viu, por

(expressas na mesma unidade)

$$p = 10,8 \cdot \frac{I_{cc}^2}{d} \quad (\text{kgf/m})$$

com

$$I_{cc} - \text{kA}$$

$$d - \text{cm.}$$

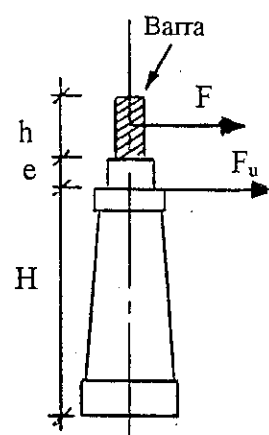


Fig. 71

O valor de F_u assim calculado, permite-nos escolher os isoladores de apoio e suporte de barramento, os quais deverão admitir à cabeça um esforço superior a este. Na escolha do isolador, deve-se ter também em consideração, a tensão máxima para que foi previsto, a qual deverá ter um valor superior à tensão de serviço da instalação.

8 - ENCRAVAMENTOS

8.1 - INTRODUÇÃO

Os encravamentos têm por finalidade evitar os acidentes de exploração, impedindo manobras ou outras actuações que possam por em perigo as pessoas ou equipamentos.

Os encravamentos podem ser mecânicos ou eléctricos.

Os encravamentos mecânicos são normalmente assegurados por cadeados, fechaduras ou sistemas de alavancas.

Os encravamentos eléctricos são normalmente obtidos por meio de contactos de abertura ou fecho (normalmente de fecho) instalados nos aparelhos ou fechaduras e que vão actuar ou impedir a actuação de outros equipamentos.

8.2 - ENCRAVAMENTOS EM PT

As manobras ou actuações a impedir com o uso dos encravamentos, são nos PT, as seguintes:

- a manobra em carga de seccionadores;
- o fecho de um seccionador ou faca de terra com a cela em serviço, manobra que só se deve efectuar quando se abre o seccionador;
- a abertura da porta de uma cela, com o equipamento nela instalado em tensão;
- qualquer manobra numa cela, se a porta da mesma não estiver fechada, principalmente se nela existirem barramentos ou equipamentos facilmente acessíveis.

8.3 - TIPOS DE ENCRAVAMENTOS EM PT

Além dos encravamentos que a seguir serão referidos, as portas das celas são equipadas com fechadura e os punhos de comando de seccionadores e interruptores são normalmente munidos de cadeado.

8.3.1 - ENCRAVAMENTOS QUE IMPEÇAM A ENTRADA NAS CELAS DE TRANSFORMADOR, COM ESTE EM TENSÃO

Pode ser assegurado por uma das formas seguintes ou ambas em simultâneo.

- Por chave prisioneira no comando do disjuntor ou combinado de protecção do transformador. Com a abertura do disjuntor ou combinado a chave é libertada, podendo com ela ser aberta a porta da cela do transformador.
- Electricamente por microinterruptor, que ao ser aberta a porta da cela do transformador, faça actuar a bobina de disparo do disjuntor ou combinado, dando-lhe ordem de abertura por emissão de corrente.

Em PT de alvenaria ou nos constituídos por armários metálicos não compactos, este último encravamento é bastante utilizado, sendo muitas vezes também instalado nas celas de protecção.