

projecto de postos de transformação

{4.ª PARTE - CÁLCULO DOS CONDUTORES}



Apesar de todos os componentes de um posto de transformação serem importantes, dado que têm a seu cargo uma determinada função, os condutores são alvo de uma atenção especial na medida em que terão de resistir a situações excepcionais.

1. INTRODUÇÃO

Um aspecto essencial de qualquer projecto eléctrico prende-se com os dimensionamentos dos materiais e equipamentos. Apenas com um cálculo correcto é possível garantir o cumprimento dos regulamentos, a funcionalidade das instalações e a segurança de pessoas e bens.

2. CÁLCULOS DIMENSIONAIS

Os condutores eléctricos utilizados nos postos de transformação, para além das situações de funcionamento normal, poderão ter de funcionar em sobrecarga e até em situações de curto-circuito, embora por períodos de tempo muito limitados.

Nestas situações excepcionais o aquecimento e as forças mecânicas a que os condutores são submetidos podem atingir valores bastante acima do normal, podendo por isso daí resultar dano para eles e para outros componentes, o que se pretende evitar. Por esta razão o dimensionamento dos condutores reveste-se de alguma complexidade de modo a garantir o melhor funcionamento mesmo em situações excepcionais, sendo necessário determinar previamente o valor que a intensidade da corrente eléctrica poderá atingir em todas as situações.

2.1. Intensidade na alta e baixa tensões

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3}U_p} \quad I_s = \frac{S - W_{Fe} - W_{Cu}}{\sqrt{3}U_s}$$

Onde:

S › potência do transformador em kVA

U_p › tensão composta do primário em kV

U_s › tensão composta do secundário em kV

I_p › corrente do primário em A

I_s › corrente do secundário em A

W_{Fe} › perdas no ferro em kW

W_{Cu} › perdas nos enrolamentos em kW

2.2. Corrente de curto-circuito

A corrente de curto-circuito é determinada pela potência de curto-circuito no lado da média tensão e pela reactância de fugas do transformador.

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3}U_p} \quad I_{ccs} = \frac{S \times 100}{\sqrt{3}u_{cc}U_s}$$

Onde:

I_{ccp} › corrente de curto-circuito na MT em kA

I_{ccs} › corrente de curto-circuito na BT em kA

S_{cc} › potência de curto-circuito do lado de MT em MVA

U_p › tensão primária composta em kV

U_s › tensão secundária em V

u_{cc} › tensão de curto-circuito do transformador em percentagem

Na expressão de I_{ccs} desprezou-se a impedância a montante do transformador (rede de potência infinita).

2.3› Dimensionamento dos barramentos

Nos postos de transformação, por razões de ordem mecânica e ligadas a outros serviços, no lado da média tensão não se empregam aparelhos e barramentos com corrente estipulada inferior a 200 A.

Os aparelhos e barramentos têm intensidades estipuladas de 200, 400 e 630 A.

2.4› Verificação da densidade de corrente

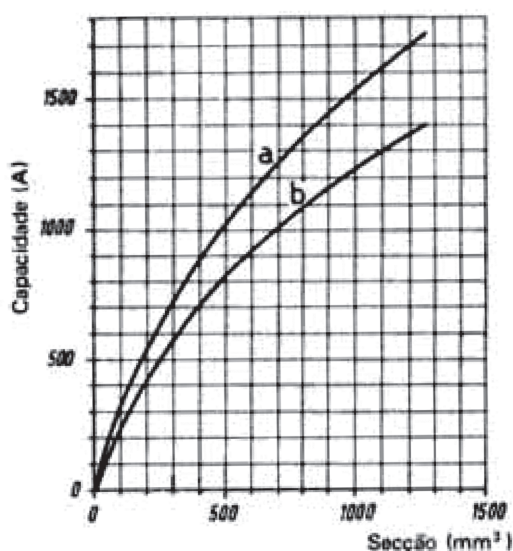


Figura 1 › Capacidade de condução de corrente para barras de cobre (curva a) e de alumínio (curva b).

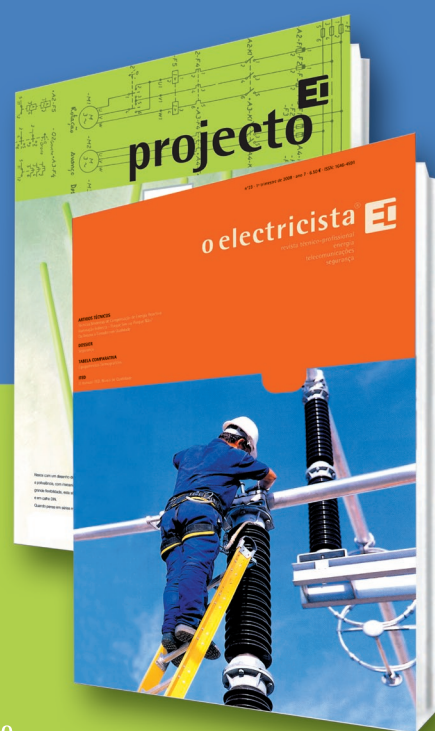
$$d = \frac{I_{m\acute{a}x}}{S}$$

Onde d é a densidade de corrente em A/mm² e S a área da secção recta do barramento, em mm².

As densidades de corrente devem ser respeitadas para se não ultrapassarem as temperaturas máximas de regime permanente.

a revista do profissional electrotécnico

- › artigos técnicos
- › projecto
- › fichas formativas
- › energia
- › telecomunicações
- › ITED
- › segurança
- › dossiers temáticos
- › reportagens
- › tabelas comparativas
- › novidades do mercado



parceiros
voltimum
.pt

www.oelectricista.pt

2.5 Verificação dos esforços electrodinâmicos

Conhecidas a intensidade estipulada de um barramento I_n e a intensidade limite térmica (1 segundo) I_{Th} , a intensidade limite electrodinâmica, I_{Ch} , calcula-se do modo seguinte:

$$I_{Th} = S \times K \sqrt{\frac{\ln \frac{234,5 + \theta_f}{234,5 + \theta_i}}{t}} \quad I_{Ch} = 2,5 \times I_T$$

Onde:

I_{Th} › intensidade limite térmica (1 s), em A

S › secção recta do barramento, em mm²

K › constante do material: Cu – 226 Al – 148

θ_f › temperatura final do barramento, em °C

θ_i › temperatura inicial do barramento, em °C

I_{Ch} › intensidade limite electrodinâmica, em A

t › duração da passagem da corrente, em s

Um curto-circuito bifásico entre duas fases contíguas provoca uma força sobre um condutor de comprimento L distanciado do outro do comprimento d dada pela expressão:

$$F = 2,04 \frac{I_{Ch}^2 \times L}{d} \times 10^{-2}$$

F › força sobre o condutor, em kg

I_{Ch} › corrente limite electrodinâmica, em kA

L › vão do barramento, em cm

d › distância entre os condutores, em cm

2.6 Esforço máximo suportável pelo barramento

Momento flector M_f	{	apoios livres	$\frac{F \times L}{8}$
		quando não há uma diferença específica entre apoios livres e encastrados	$\frac{F \times L}{16}$
		encastrados	$\frac{F \times L}{24}$

Momento resistente $M_r = W \times \sigma$

W › módulo de flexão da barra, função da sua geometria (dimensões e configuração)

σ › carga de segurança à flexão

$$\sigma = \begin{cases} \text{cobre} - 1000 \text{ a } 1200 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{alumínio} - 400 \text{ a } 600 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

A estabilidade mecânica do barramento é garantida quando o momento resistente for superior ao momento flector.

Caso não verifique a condição pode actuar-se, reduzindo o momento flector, aumentando a distância entre os barramentos e/ou diminuindo ao comprimento do vão, ou actuar-se na secção ou configuração do barramento aumentando a secção, modificar a posição das barras ou alterar o perfil.

2.7 Esforços sobre os isoladores

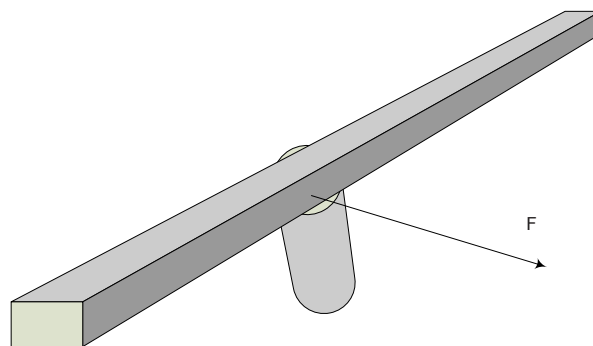


Figura 2 - Esforço aplicado à cabeça dos isoladores.

$$F' = f \times L'$$

F' › esforço à cabeça do isolador, em kg

f › força por unidade de comprimento, em kg/cm

L' › semi-soma dos vãos adjacentes, em cm

2.8 Módulo de flexão dos perfis mais usuais

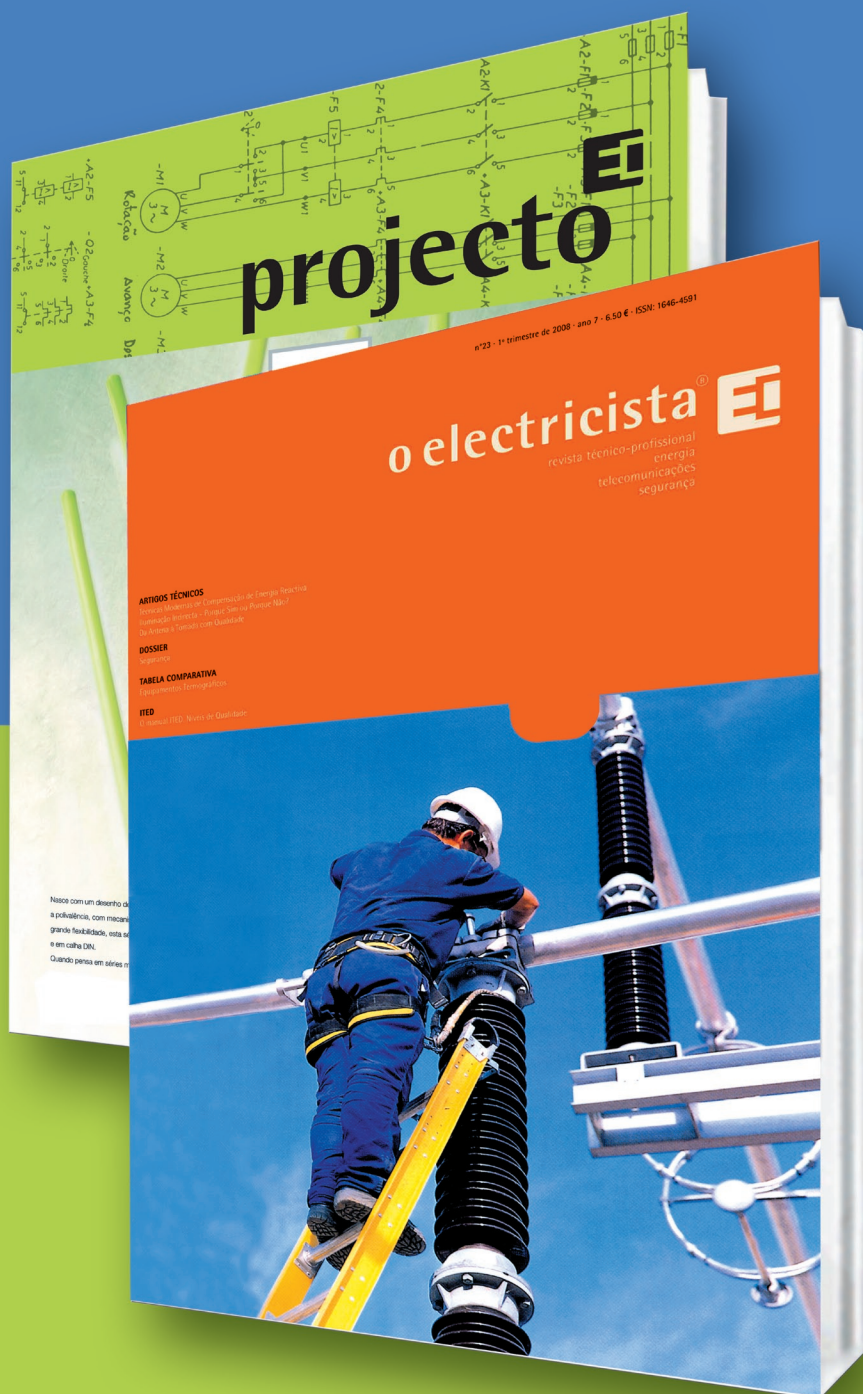
	$W = \frac{hb^2}{6} \text{ cm}^3$
	$W = \frac{\pi d^3}{32} \text{ cm}^3$
	$W = \frac{\pi}{32} \frac{D^4 - d^4}{D} \text{ cm}^3$

o electricista®



revista técnico-profissional
energia
telecomunicações
segurança

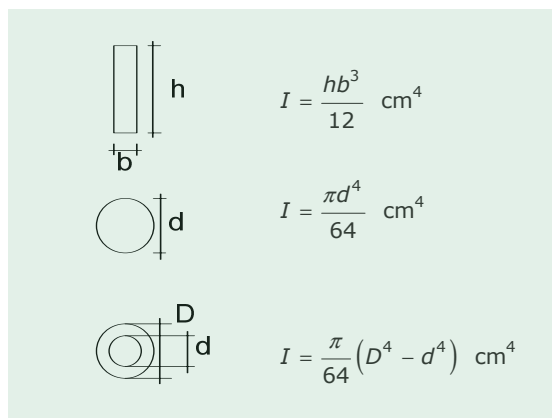
- › artigos técnicos
- › projecto
- › fichas formativas
- › energia
- › telecomunicações
- › ITED
- › segurança
- › dossiers temáticos
- › reportagens
- › tabelas comparativas
- › novidades do mercado



parceiros
voltimum
.pt

a revista do
profissional electrotécnico

2.9º Momento de inércia geométrico dos perfis



$$I = s \times \alpha \sqrt{\frac{\Delta\theta}{t}}$$

s – secção do barramento

α – constante – Cu = 13

t – duração de passagem da corrente de curto-circuito

I – intensidade de corrente

$\Delta\theta$ – elevação de temperatura de 180 °C, considerando o condutor inicialmente à temperatura ambiente

A fórmula seguinte permite determinar a intensidade de corrente de um modo mais aproximado:

$$I_{Th} = s \times k \sqrt{\frac{\ln \frac{234,5 + \theta_f}{234,5 + \theta_i}}{t}}$$

2.10º Vibrações mecânicas

A frequência própria de vibração de uma barra vem dada pela expressão seguinte:

$$f_0 = 112 \sqrt{\frac{E \times I}{p \times L^4}} \text{ Hz} \quad E = \begin{cases} \text{Cu: } 1,2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Al: } 0,7 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

E › módulo de Young, kg/cm²

I › momento de inércia, cm⁴

p › peso linear, em kg/cm

L › comprimento da barra, em cm

Atenção especial deve ser dada à possibilidade de ocorrência de ressonância da vibração mecânica com a frequência da rede, ou o seu dobro, pelo que f_0 não deve cair nos seguintes intervalos:

$$f_0 \neq [90, 110] \text{ e } f_0 \neq [45, 55] \text{ Hz}$$

2.11º Força crítica

Força a considerar nos apoios de extremidade em consequência da dilatação das barras (o momento de torção pode considerar-se desprezável)

$$F_{cr} = \pi^2 \frac{E \times I}{L^2}$$

Na escolha dos isoladores consideram-se as forças electrodinâmicas e as forças críticas.

2.12º Verificação do esforço térmico

A norma CEI 298 de 1981 determina a máxima intensidade admissível durante 1 segundo de acordo com a expressão:

3º CONCLUSÃO

Dadas as diferentes restrições a que os condutores devem corresponder a sua definição é, na maior parte dos casos, feita de forma iterativa, ou seja, há necessidade de ir modificando a constituição e as condições de montagem deles à medida que o cálculo vai evoluindo. À medida que o projectista vai ganhando experiência, aumenta a sua sensibilidade para esta acção e fica mais fácil perceber em cada caso, em função dos dados, qual ou quais as restrições preponderantes, que condicionam definitivamente o projecto.

BIBLIOGRAFIA

- Regulamento de segurança de subestações, postos de transformação e de seccionamento
- Vilela Pinto – MGCalc
- Siemens – Manual de Eng^a eléctrica (3 vol)
- DGE – Guias-técnicos de postos de transformação dos tipos A, CA e CB
- Catálogos de empresas – Efacec, Schneider Electric, ABB, Jayme da Costa
- Serrano José et al. – Técnicas y procesos en instalaciones de media y baja tension
- Cotrim Admaro – Instalações eléctricas
- Bossi António, Sestio Ezio – Instalações eléctricas
- Negrisola Manoel – Instalações eléctricas