

## Reatores a Núcleo de Ar

Os reatores a Núcleo de Ar, são basicamente enrolamentos de cobre ou alumínio, formando uma bobina ou várias, devidamente montadas em suportes isolantes que permitem um desempenho compatível à aplicação.

A necessidade de ser com núcleo de ar prende-se ao fato de sua indutância não sofrer variação, possibilitando uma larga abrangência de limites de corrente circulante (não havendo ferro, não há saturação).

### Aplicações:

#### • LIMITADORES DE CORRENTE

A aplicação do reator a núcleo de ar nas redes de um sistema de alta, média ou baixa tensão, tem por finalidade inibir o rápido crescimento da corrente do curto circuito, mantendo-a compatível com os equipamentos instalados após o reator (seccionadores, disjuntores, transformadores, etc).

#### □ ATERRAMENTO DE NEUTRO

Os reatores para a aplicação acima, destinam-se a limitar a corrente entre fase e neutro de um sistema trifásico, em estrela, a fim de evitar danos nos componentes ligados a ele.

#### • REATORES DE ALISAMENTO

(Selfs de Lissage)

Em sistemas de corrente contínua retificada (saída de retificadores ou conversores) onde há incidência de ondulações superpostas, torna-se necessário a aplicação desses reatores para eliminar ou reduzir o ripple (ondulação) a valores compatíveis ou exigidos pelo projeto.

São usados em motores de grande potência em corrente contínua.

#### • REATORES PARA FILTROS

(Reatores de sintonia)

Estes reatores são associados a capacitores com a finalidade de:

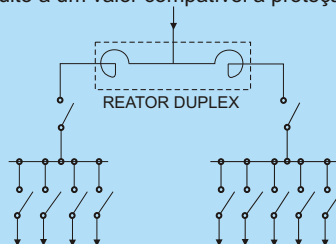
- Bloquear harmônicos (ligação shunt)
- Facilitar a passagem (ligação série)

#### • REATORES para partida de motores

Para motores energizados com corrente alternada, monofásicos ou trifásicos, onde o conjugado motor não pode ser afetado, usa-se como limitação de corrente inrush o reator a núcleo de ar, especificamente dimensionado para esta aplicação.

#### • REATOR DUPLEX

Utilizado quando dois sistemas são energizados por uma só rede. Uma das características principais deste tipo de reator é a de gerar campos magnéticos opostos, anulando desta forma a sua indutância, e consequentemente a queda de tensão nos sistemas. Caso venha a ocorrer curto circuito em uma das redes, apenas prevalece a indutância em uma delas, limitando a corrente do circuito a um valor compatível à proteção.



## CONSTRUÇÃO

Os reatores IBT são fabricados e testados seguindo rigorosamente as normas ABNT ou especificadas pelo cliente como IEC, ANSI, NEMA, etc.

#### • MATÉRIA PRIMA

Na fabricação desses componentes toda matéria prima aplicada é selecionada para garantir um desempenho seguro e duradouro.

#### • MATERIAL CONDUTOR

- Cobre eletrolítico puro.
- Alumínio compatível para aplicação em componentes elétricos.

#### • MATERIAL ISOLANTE

- Cadarço de fibra de vidro incorporado.  
- Material suporte e distanciadores em fibra de vidro ou isolador de porcelana marron vidrada.

#### • MATERIAL AGLUTINANTE

- Verniz classe térmica "H", com alto poder de cimentação assegura um ótimo grau de resistência mecânica contra impactos provocados por surtos de corrente e possíveis impactos mecânicos.

#### • VENTILAÇÃO AN (Ar natural)

- Canais de ar deixados pelo distanciador permitem circulação de ar através dos condutores, garantindo uma ótima ventilação, assim como uma acentuada inércia térmica necessária para componentes com grande variação entre a corrente nominal e a corrente de surto.

#### • VENTILAÇÃO AF (Ar Forçado)

- Nos casos onde o regime de carga é variável e as sobrecargas repetem-se com muita frequência aplica-se ventilação forçada, esta ventilação somente entra em operação quando o regime de carga provoca uma sobre-elevação na temperatura do reator.

#### • PERDAS

- Os reatores IBT são projetados de maneira que as perdas nos condutores proveniente de  $RI^2$ , efeito pelicular, estrutura e outras sejam minimizadas afim de que o custo operacional para o cliente final permaneça o menor possível.

#### • DISTÂNCIAS MÍNIMAS

- Todo material aplicado na estrutura do reator, prisioneiros, suportes, apoios, são de aço inox, ou latão quando não sujeitos a torque elevado. As distâncias entre as zonas magnéticas e demais partes do reator são dimensionadas para que haja o mínimo de influência.

#### • DISTÂNCIAS IDEAIS

- Em reatores montados no mesmo plano, a distância entre eixos axiais não deve ser inferior a 1,7 vezes o seu diâmetro. A distância entre eixo axial e superfície lateral não deve ser inferior a 1,1 vez o seu diâmetro. A distância entre o topo ou fundo (plano horizontal) em relação a qualquer superfície, não deve ser inferior a metade do diâmetro da bobina. (Vide fig. 1 e 2).

## Correntes na Ligação de Bancos Capacitadores

No momento mais desfavorável, no pico da tensão, a corrente em função do tempo é calculada pela seguinte fórmula:

$$i = I_n \sqrt{2} \cdot \left( \text{Sen } \omega t + \frac{\omega_0}{\omega} \cdot e^{-\frac{t}{2T}} \cdot \text{sen } \omega_0 t \right)$$

onde  
i = valor momentâneo da corrente

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$$

na frequência própria do circuito de ressonância para

$$R \leq \sqrt{\frac{L}{C}} = \omega_0 L$$

$$T = \frac{L}{R}$$

constante de tempo eletromagnético do circuito de ressonância.

R = resistência ôhmica do circuito de ressonância.

L = indutância do circuito de ressonância

C = capacidade do circuito de ressonância

t = tempo

e = base do logaritmo neperiano

Os valores de pico aparecem:

- para a corrente periódica quando  $\omega = \frac{\pi}{2}$
- para a corrente aperiódica quando  $\omega = \frac{\pi}{2}$

$$\omega_0 T = \frac{\pi}{2}, \text{ onde } t = \frac{\pi}{2 \omega_0}$$

O valor de pico máximo da corrente de ligação do banco resulta em:

$$I_p = I_n \sqrt{2} \left[ \text{sen} \left( \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\omega}{\omega_0} \right) + \frac{\omega_0}{\omega} \cdot e^{-\frac{\pi}{4} \cdot \frac{R}{\omega_0 L}} \right]$$

A relação entre o valor de pico máximo da corrente de ligação  $I_p$  e o valor de pico da corrente nominal  $I_n \sqrt{2}$  é definida como:

$$k = \frac{I_p}{I_n \sqrt{2}}$$

k = relação de impulso da corrente de ligação

As resistências (R) e reatâncias indutivas ( $X_L$ ) entre o banco de capacitores e a fonte de energia estão relacionadas com a reatância capacitiva ( $X_C$ ) do banco de capacitores.

$$a = \frac{R}{X_C} = \frac{I_n^2 \cdot R}{I_n^2 \cdot X_C} = \frac{P_A}{P_{RC}}$$

$$b = \frac{X_L}{X_C} = \frac{I_n^2 \cdot X_L}{I_n^2 \cdot X_C} = \frac{P_{RL}}{P_{RC}}$$

Com estes valores substituindo em R, temos:

$$k = \text{sen} \left( \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\omega}{\omega_0} \right) + \frac{\omega_0}{\omega} \cdot e^{-\frac{a}{b} \cdot \frac{\omega}{\omega_0} \cdot \frac{\pi}{4}}$$

ou com a parte periódica arredondada

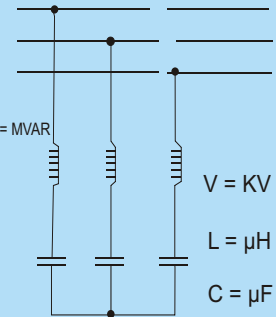
$$k = 1 + \frac{\omega_0}{\omega} \cdot e^{-\frac{a}{b} \cdot \frac{\omega}{\omega_0} \cdot \frac{\pi}{4}}$$

Para um cálculo aproximado, supondo as condições mais desfavoráveis com a ligação do banco, próximo de uma fonte como energia infinita, as seguintes fórmulas se aplicam:

Ligação com resistência ôhmica $b \cong 0$		$k = 1$
Ligação com reatância (resistência ôhmica de circuito desprezível) $b \cong 0$		$k = \frac{1}{\sqrt{b}}$

Dados:

POTÊNCIA REATIVA = MVAR  
L =  $\mu$ H  
V = KV  
CÁLCULO DE C (°f)  
C = MVAR/U<sup>2</sup> ·  $\omega_0$



## FÓRMULAS PARA REATORES LIMITADORES DE CORRENTE

Todos os cálculos de reatores são efetuados por fase:

**A) - Tensão nominal do sistema  $U_n$  (kV):**  
A tensão nominal do sistema é o valor fase-fase.

**B) - Corrente nominal do reator  $I_n$  (A):**  
A corrente nominal é a corrente máxima contínua para qual o reator está projetado.

**C) - Indutância nominal L (H):**  
É a indutância nominal do reator.

**D) - Reatância nominal  $X_L$  ( $\Omega$ ):**

É a reatância indutiva nominal do reator numa frequência f especificada.

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$$X_L = U_n^2 \left( \frac{1}{MVA_2} - \frac{1}{MVA_1} \right)$$

MVA<sub>1</sub> = Potência de curto-circuito antes da inserção do reator.

MVA<sub>2</sub> = Potência de curto-circuito depois da inserção do reator.

$$X_L = \frac{U_n \cdot k}{\sqrt{3}} \left( \frac{1}{I_{c2}} - \frac{1}{I_{c1}} \right)$$

$I_{c1}$  = Corrente de curto-circuito antes da inserção do reator.

$I_{c2}$  = Corrente de curto-circuito depois da inserção do reator.

K = Fator de sobre-tensão (1,05 de acordo com o ANSI C 57,16).

**E) - Tensão nominal do reator  $U_R$  (V):**

A queda de tensão nominal com corrente nominal e reatância nominal.

$$U_R = I_n \cdot X_L$$

$I_n$  = valor r.m.s. da corrente nominal.

$U_R$  é a queda de tensão nominal como porcentagem da tensão nominal do sistema.

$$U_r (\%) = \frac{I_n X_L \cdot \sqrt{3} \cdot 100}{U_n}$$

**F) - Corrente de curto-circuito do reator  $I_c$  (kA r.m.s.):**

Corrente de curto circuito máxima que pode correr pelo reator, com impedância da rede igual a zero.

$$I_c = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot X_L} = \frac{I_n \cdot 100}{U_r}$$

Caso a queda de tensão nominal seja menor do que 5% da tensão nominal, a corrente de curto-circuito máxima é definida geralmente como 20 vezes a corrente nominal.

**G) - Pico assimétrico da corrente de curto-circuito  $I_p$  (A)**

Este depende da reatância e resistência total do sistema. Geralmente se define:

$$I_p = 2,55 \cdot I_c$$

**H) - Potência nominal do reator  $Q_L$  (VA):**

$$Q_L = I_n^2 \cdot X_L$$

**I) - Perdas P (W):**

$$P_{TOTAL} = P_{11} + P_{12} + \dots$$

**J) - Fator Q:**

$$Q = \frac{X}{R} = 2 \pi \cdot f \cdot L = \frac{Q_L}{P}$$

L = Indutância nominal

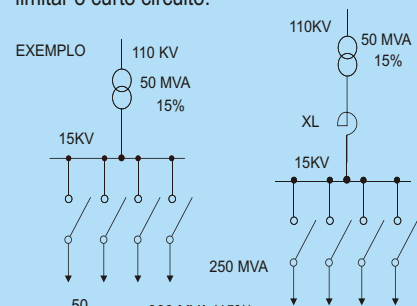
f = Frequência

R = Resistência efetiva do reator

$Q_L$  = Potência ativa do reator

P = Potência ativa do reator (= Perdas)

A potência de curto-circuito da rede pode ser reduzida até o valor da capacidade de interrupção do disjuntor, usando um reator série para limitar o curto circuito.



$$MVA = \frac{50}{15} \cdot 100 = 333 \text{ MVA (15\%)}$$

MVA = Potência do Disjuntor = 250 MVA

$$X_L = 15^2 \left( \frac{1}{250} - \frac{1}{333} \right) = 0,22 \Omega$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{0,22}{2\pi \cdot 60} \cdot 1.000 = 0,58 \text{ mH}$$

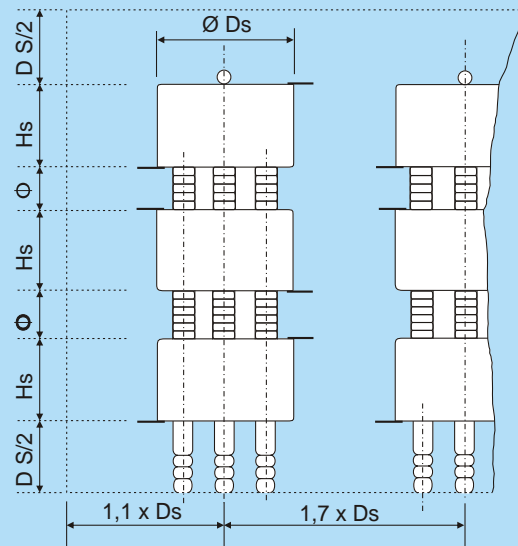
## Reatores para Limitação de Correntes de Carga Bancos de Capacitores

TIPO	L (pH)	N (A)	I <sub>dc</sub> (KA)	NBI (KV)	I <sub>cc</sub> (KA)	Ø (mm)	ALT= H (mm)	Peso Total - (Kg)
NA 180/15	15	180	15.3	110	5	226	110	2,8
NA 180/22	22	180	15.3	110	5	226	130	3,2
NA 180/33	33	180	15.3	110	5	228	170	4,3
NA 180/50	50	180	15.3	110	5	228	210	5,5
NA 300/15	15	300	26.5	110	10	246	150	5,5
NA 300/22	22	300	26.5	110	10	246	180	7,3
NA 300/33	33	300	26.5	110	10	246	240	9,8
NA 300/50	50	300	26.5	110	10	246	305	13,0
NA 400/15	15	400	41	110	16	246	170	7,0
NA 400/22	22	400	41	110	16	246	215	9,3
NA 400/33	33	400	41	110	16	246	275	12,0
NA 400/50	50	400	41	110	16	246	300	17,0
NA 600/15	15	600	51	110	20	345	175	8,2
NA 600/22	22	600	51	110	20	345	210	12,0
NA 600/33	33	600	51	110	20	345	285	15,0
NA 600/50	50	600	51	110	20	345	340	20,0
NA 800/15	15	800	64	110	25	346	240	11,0
NA 800/22	22	800	64	110	25	346	280	14,0
NA 1000/15	15	1000	80.5	110	31.5	346	285	10,0
NA 1000/22	22	1000	80.5	110	31.5	346	340	12,0

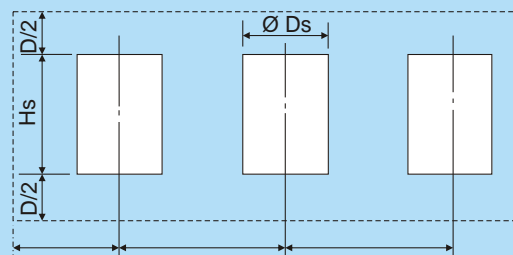
### Nomenclatura:

L	=	Indutância nominal 60 Hz.
I <sub>n</sub>	=	Corrente nominal máxima permanente.
I <sub>cc</sub>	=	Corrente de curto-circuito térmica.
I <sub>dc</sub>	=	Corrente de curto-circuito dinâmica.
NBI	=	Nível de impulso máximo suportável.
Ø	=	Diâmetro externo do reator.
Altura	=	Altura total enrolamento do reator.

### Reator Trifásico



### Distâncias Mínimas entre Reatores e Partes Metálicas Não Formando Laços Fechados



### Disposições Possíveis dos Terminais

