



Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Engenharia Elétrica
Materiais Elétricos - Teoria

Preparação para visita à Eletrosul



Clóvis Antônio Petry, professor.

Florianópolis, outubro de 2006.

Transformadores de potência

Classe de Tensão do Equipamento [kV](eficaz)
0,6
1,2
7,2
15
24,2
36,2

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO

Características:

- Potências: 15 a 500 kVA
- Classe de tensão: 15 ou 24,2 kV

Aplicações:

Para distribuição de energia (concessionárias de energia, cooperativas, instaladoras e empresas em geral).



Transformadores de potência

TRANSFORMADORES AUTOPROTEGIDOS

Características:

- Potências: 45 a 150 kVA
- Classe de tensão: 15 ou 24,2 kV

Aplicações:

O transformador incorpora elementos para proteção do sistema de distribuição contra sobrecargas e curto circuitos na rede secundária e falhas internas no transformador, contendo internamente fusíveis de alta tensão e disjuntor de baixa tensão.

Para proteção contra sobretensões, o transformador é provido de dispositivos para fixação de pára-raios externos no tanque.



Transformadores de potência



TRANSFORMADORES SUBTERRÂNEOS E SUBMERSÍVEIS

Características:

- Potências: 150 a 2.000 kVA
- Classe de tensão: 15 ou 24,2 kV

Aplicações:

Transformador de construção adequada para ser instalado em câmaras, em qualquer nível, podendo ser prevista sua utilização onde haja possibilidade de submersão de qualquer natureza.

Transformadores de potência

TRANSFORMADORES TIPO PEDESTAL

Características

- Potências: 75 a 300 kVA
- Classe de tensão: 15 ou 24,2 kV

Aplicações

Além dos componentes de proteções contra sobrecargas, curto circuitos e falhas internas, possuem características particulares de operação, manutenção e segurança. Este tipo de transformador é adequado para instalação em locais onde há circulação permanente de pessoas, tais como, vias públicas, condomínios e residências.



Transformadores de potência



TRANSFORMADORES INDUSTRIAIS

Características:

- Potências: 500 a 5.000 kVA
- Classe de tensão: 15; 24,2; 36,2 ou 72,5 kV

Aplicações:

- Pequenas e médias subestações industriais;
- Para elevação da tensão em grupos geradores.

Transformadores de potência

TRANSFORMADORES SECO

Características

- Potências: 300 a 3.000 kVA
- Classe de tensão: 15; 24,2 ou 36,2 kV

Aplicações

Os transformadores seco WEG podem substituir com vantagens os transformadores a óleo, principalmente nas aplicações onde a segurança é fator preponderante.

Utilizações típicas para este tipo de transformador:

- Plantas industriais, plantas químicas e petroquímicas, plataformas *off-shore*, edifícios comerciais, hospitais, embarcações marítimas, *shopping centers*, unidades de tratamento de água, aeroportos, centros de entretenimento, etc.



Transformadores de potência



TRANSFORMADORES E REATORES DE FORÇA

Características:

- Classe de tensão: até 550 kV

Aplicações:

Transformadores e reatores para geração, transmissão e distribuição de energia em concessionárias e subestações de grandes indústrias, incluindo aplicações especiais como fornos de indução e a arco e retificadores.

Transformadores de potência



Alusa S.A (CTEP) - SE Balxada Santileta
Transformador 133,3 MVA - 362 kV - Monofásico (04 peças)



CVRD - Cia Vale do Rio Doce
Transformador 60 MVA - 245 kV (03 peças)

Transformadores de potência



GE Hydro - Usina Campos Novos
Transformador 311 MVA - 242 kV (4 peças)



Solar Turbines - EUA
Transformador 75 MVA - 169 kV

Transformadores de potência



Tractebel Energia S.A - Usina Salto Osório
Transformador 210 MVA - 242 kV - Reforma (3 peças)



CHESF - Cia. Hidro Elétrica do São Francisco
Transformador 185 MVA - 550 kV - Monofásico - Reforma

Transformadores de potência



Cia Mineira de Metais

Transformador retificador 115kA - 12 pulsos



Furnas Centrais Elétricas

1º plano: Reator monofásico 20MVar 345kV

Subestação Brasília Sul

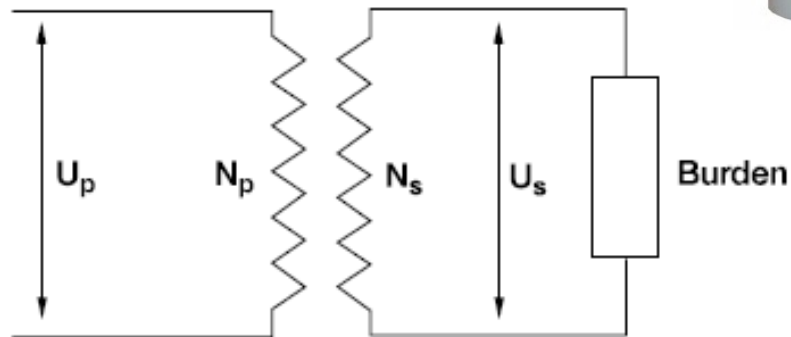
2º plano: Transformador monofásico 53,3MVA

Usina Hidrelétrica de Furnas

Transformador elevador 13,8kV para 345kV.

Transformadores de potencial

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$



$$U_s = \frac{N_s}{N_p} \times U_p$$



Transformadores de potencial

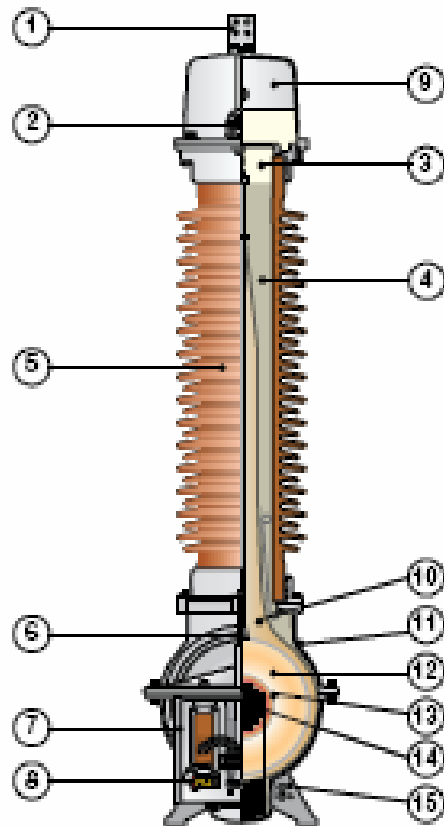
EMF inductive voltage transformer



CPA/CPB capacitive voltage transformers

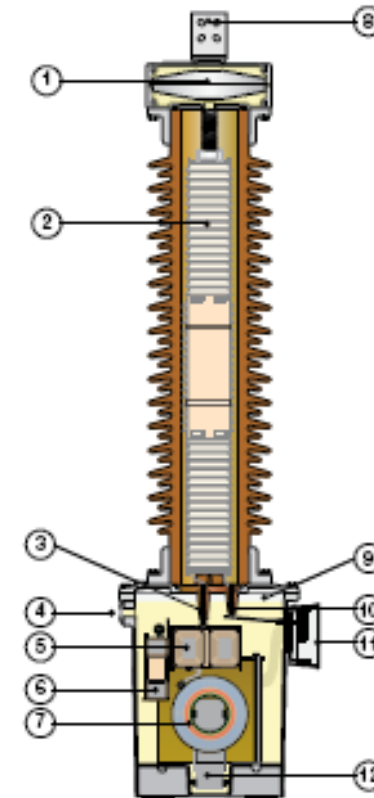


Transformadores de potencial



Voltage transformer EMF 145

- | | |
|---------------------------|------------------------|
| 1. Primary terminal | 9. Expansion system |
| 2. Oil level sight glass | 10. Paper insulation |
| 3. Oil | 11. Tank |
| 4. Quartz filling | 12. Primary winding |
| 5. Insulator | 13. Secondary windings |
| 6. Lifting lug | 14. Core |
| 7. Secondary terminal box | 15. Ground connection |
| 8. Neutral and terminal | |



Capacitor Voltage Divider CSA or CSB

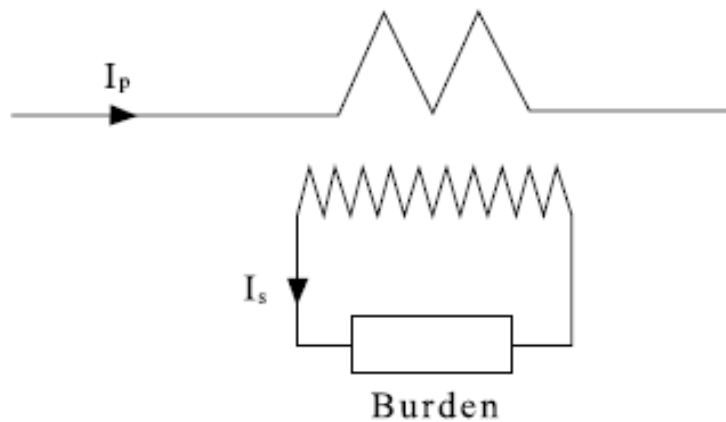
- | |
|--|
| 1. Expansion system |
| 2. Capacitor elements |
| 3. Intermediate voltage bushing |
| 8. Primary terminal, flat 4-hole Al-ped |
| 10. Low voltage terminal (for carrier frequency use) |

Electromagnetic unit EOA or EOB

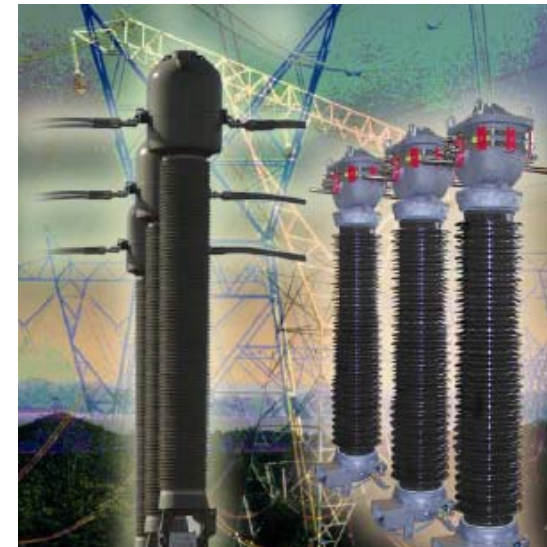
- | |
|-----------------------------------|
| 4. Oil level glass |
| 5. Compensating reactor |
| 6. Ferromagnetic damping circuit |
| 7. Primary and secondary windings |
| 9. Gas cushion |
| 11. Terminal box |
| 12. Core |

Transformadores de corrente

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$



$$I_s = \frac{N_p}{N_s} \times I_p$$



Transformadores de corrente

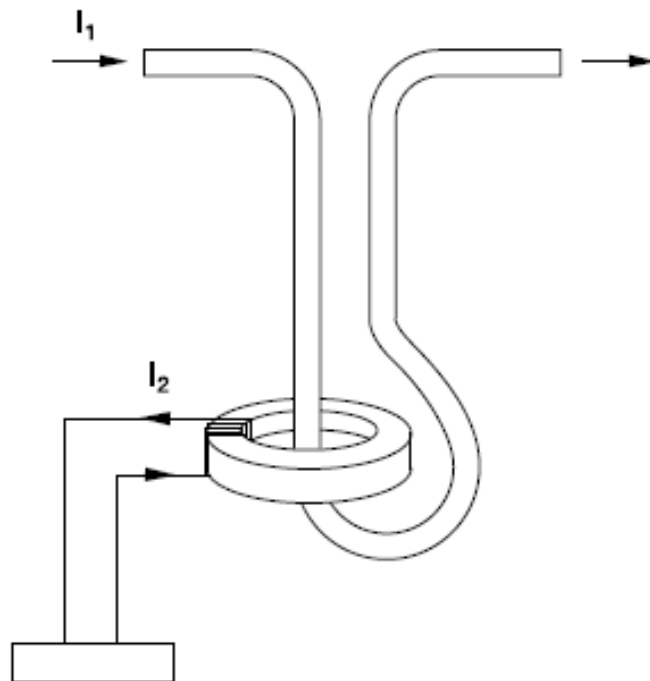


IMB current transformer

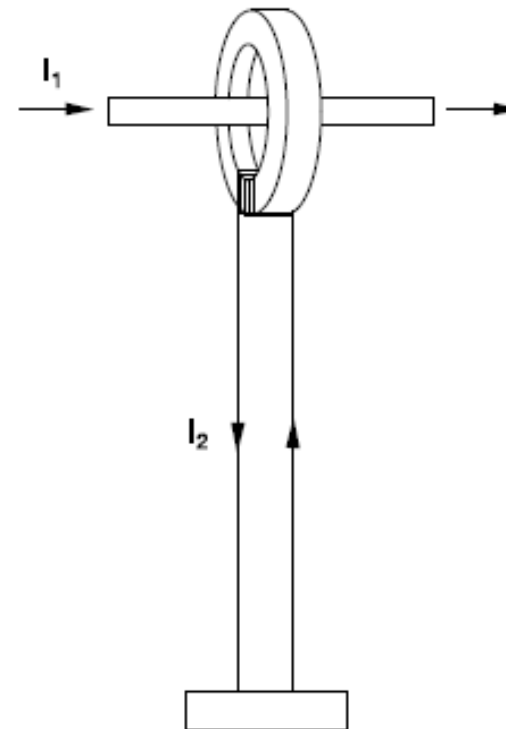


Transformadores de corrente

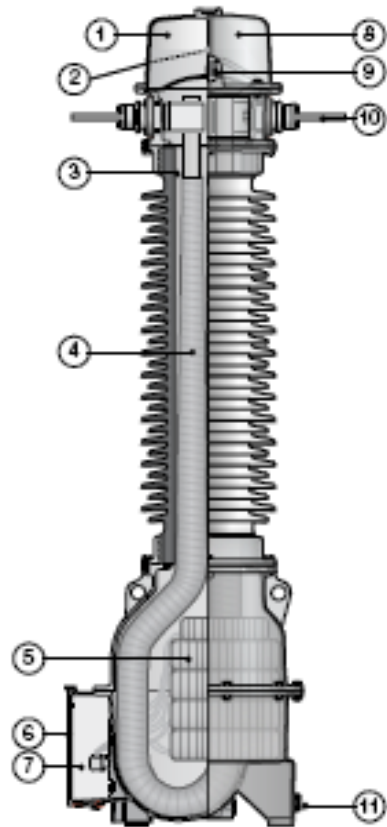
Hair-pin type



Top-core type

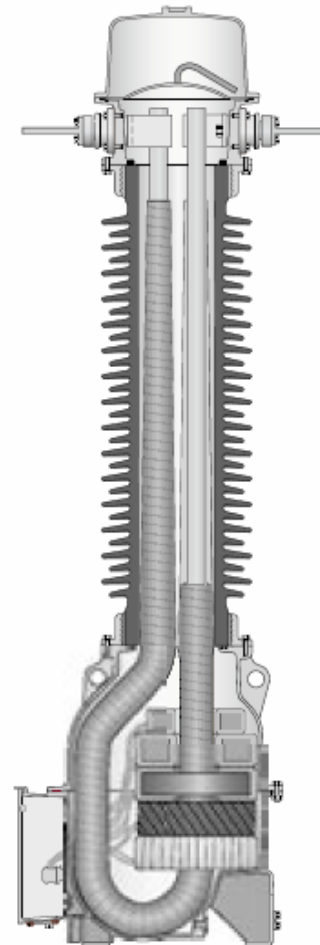


Transformadores de corrente

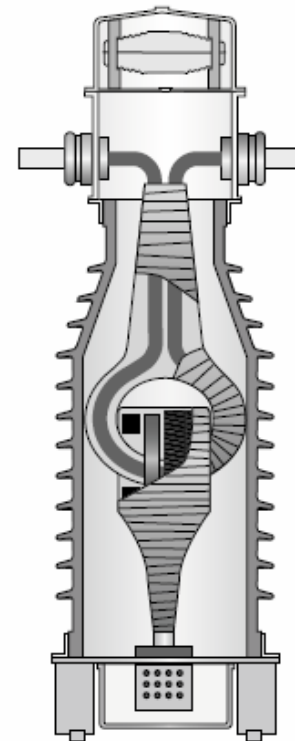


Current Transformer Type IMB

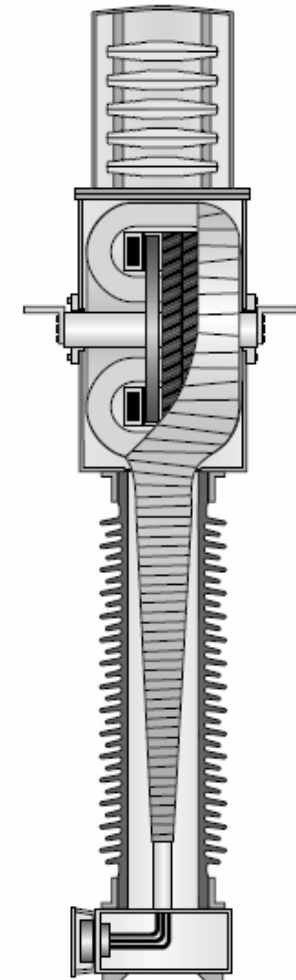
- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. Gas cushion | 6. Secondary terminal box |
| 2. Oil filling unit (hidden) | 7. Capacitive voltage tap (on request) |
| 3. Quartz filling | 8. Expansion vessel |
| 4. Paper-insulated primary conductor | 9. Oil sight glass |
| 5. Core/secondary windings | 10. Primary terminal |
| | 11. Ground terminal |



Hair-pin / Tank type



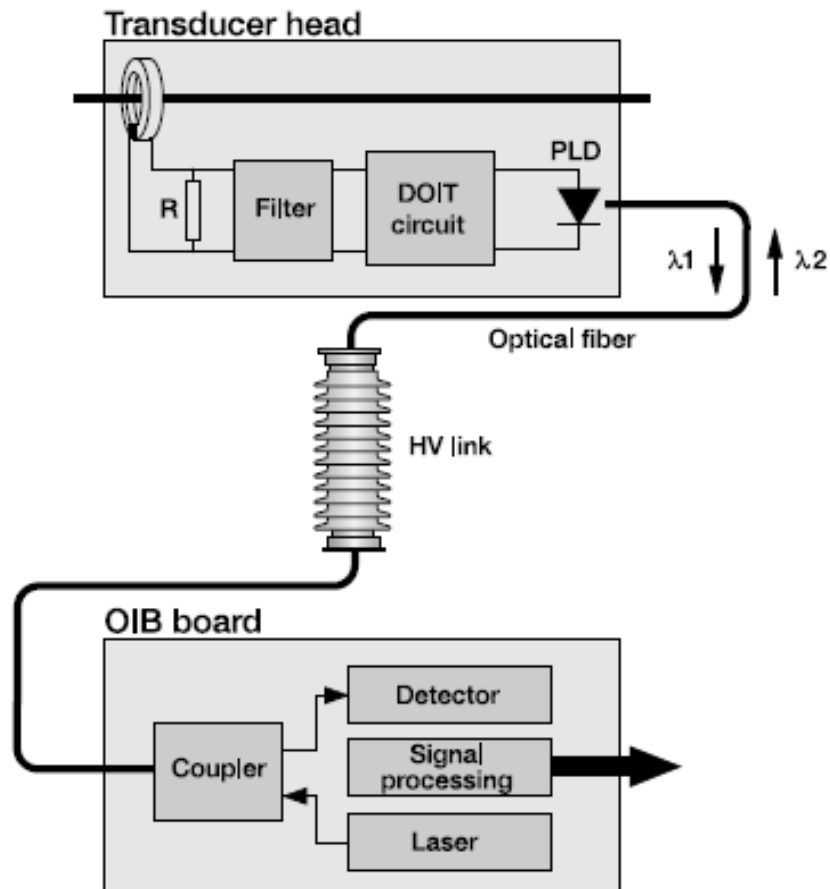
Eye-bolt



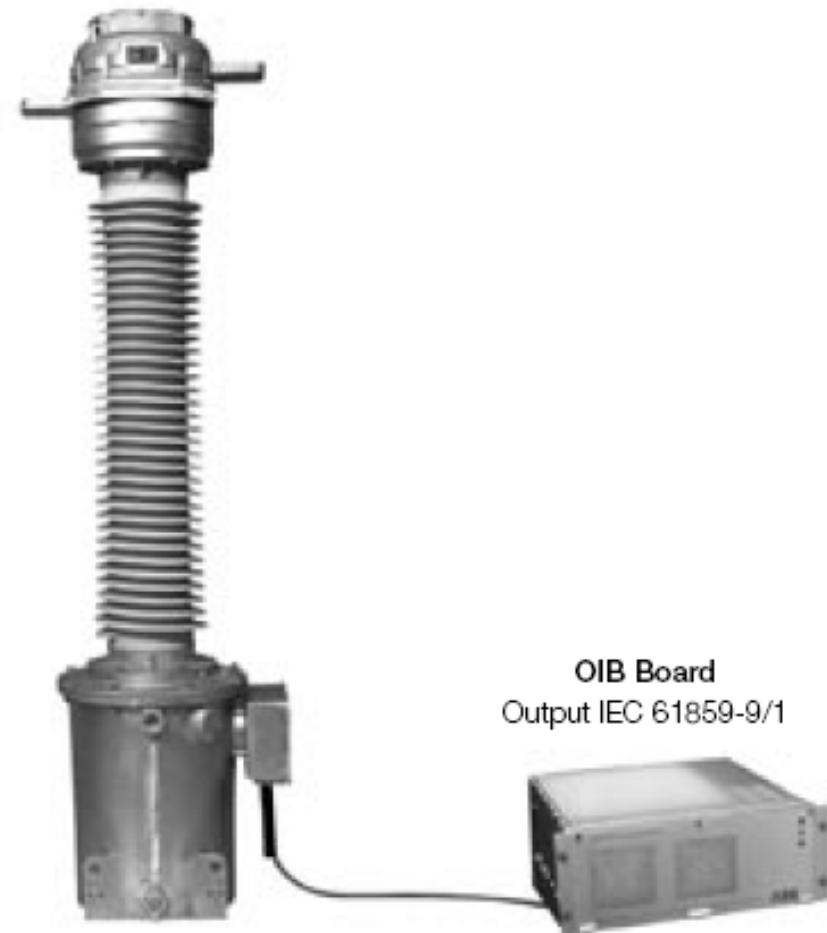
Top-core

Transformadores de corrente

DOCT - Digital Optical Current Transducer

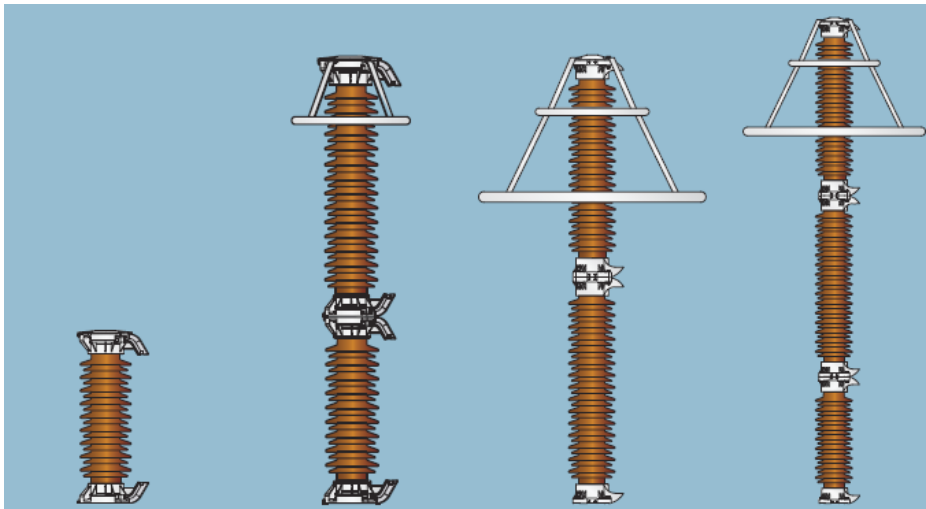


DOCT/DOVT combined



Pára-raios

EXLIM Porcelain housed arresters



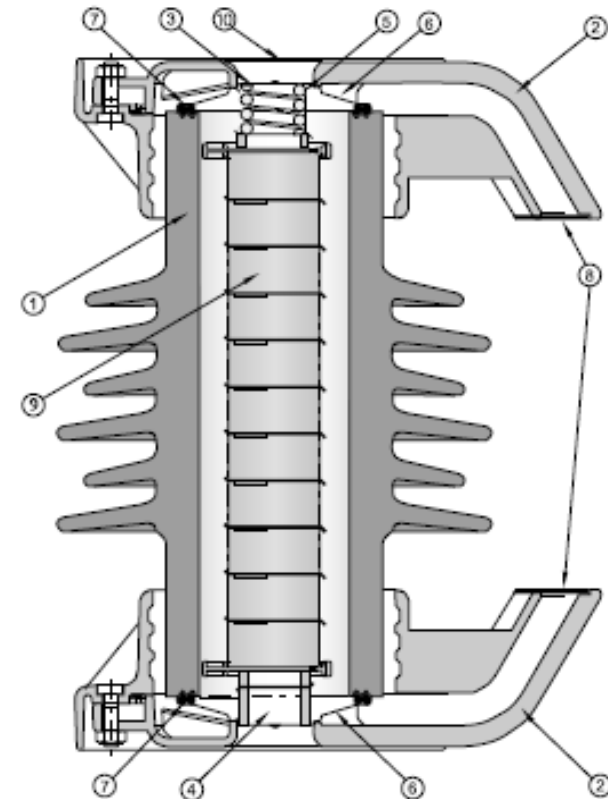
<http://www.abb.com.br>

Pára-raios

Pára-raios encapsulados em porcelana, EXLIM



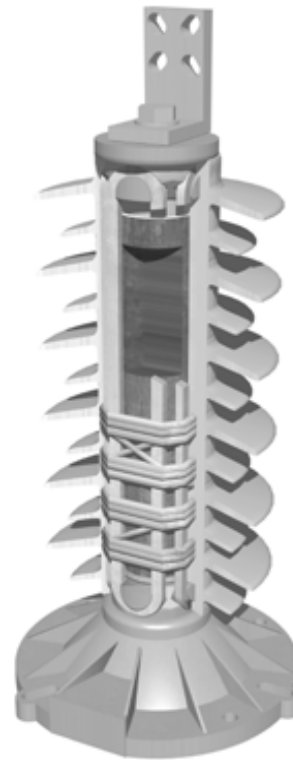
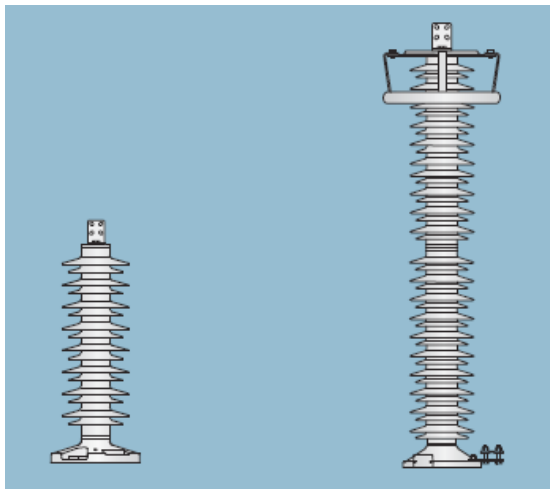
Vista em corte de uma unidade EXLIM típica ilustrando os arranjos internos projetados para minimizar a descarga parcial.



1	Isolador de porcelana	6	Tampa de vedação
2	Duto de ventilação	7	Anel de vedação
3	Mola	8	Placa de características
4	Bolsa de dessecante	9	Blocos de ZnO
5	Chapa de cobre	10	Tampa do fange

Pára-raios

PEXLIM silicone housed arresters

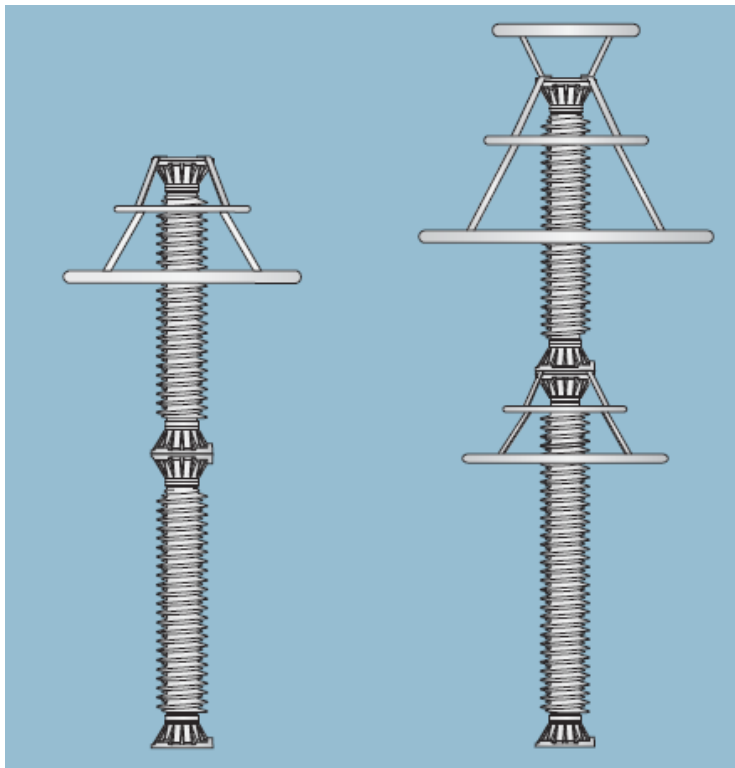


Vista em corte de um módulo PEXLIM típico, que mostra os arranjos internos e a construção de gaiola aberta projetada para melhorar a resistência mecânica e a segurança do pessoal.



Pára-raios

HS PEXLIM — High strength silicone housed arrester



Pára-raios

PEXLINK – Secure supply all the way



Pára-raios

Pára-raios de óxido de zinco PEXLIM R



Pára-raios de óxido de zinco PEXLIM Q



Pára-raios

**PÁRA-RAIOS DE BAIXA TENSÃO
MODELO "NLB-P" - 280V - 10kA**

**SECONDARY ARRESTER
MODEL "NLB-P" 280V - 10kA**

**PARARRAYOS DE BAJA TENSION
MODELO "NLB-P" 280V - 10kA**



**PÁRA-RAIOS PARA BAIXA TENSÃO
MODELO "NLB-Z" TIPO "FE"**

**LOW VOLTAGE SURGE ARRESTERS
MODEL "NLB-Z" TYPE "FE"**

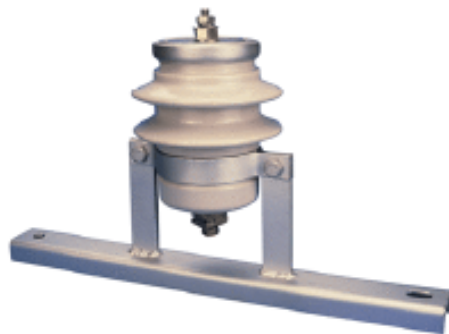
**PARARRAYOS DE BAJA TENSION
MODELO "NLB-Z" TIPO "FE"**



Pára-raios

PÁRA-RAIOS “NLCZ” TIPO “L”

“NLCZ” SURGE ARRESTER TYPE “L”



PÁRA-RAIOS “NLCZ” TIPO “T”

“NLCZ” SURGE ARRESTER TYPE “T”



PÁRA-RAIOS “NLCZ” TIPO “S”

“NLCZ” SURGE ARRESTER TYPE “S”



Pára-raios

PÁRA-RAIOS DE DISTRIBUIÇÃO - PORCELANA
MODELO "NLZ-G" - 5kA

"NLZ-G" PORCELAIN ARRESTER - 5kA

PARARRAYOS DE PORCELANA NLZ-G - 5kA



PÁRA-RAIOS MODELO "NLZ-P" - 10kA.

ARRESTERS MODEL NLZ-P - 10kA

PARARRAYOS MODELO NLZ-P - 10kA



PÁRA-RAIOS PARA TELEFÔNIA
MODELO "DUPLEX"

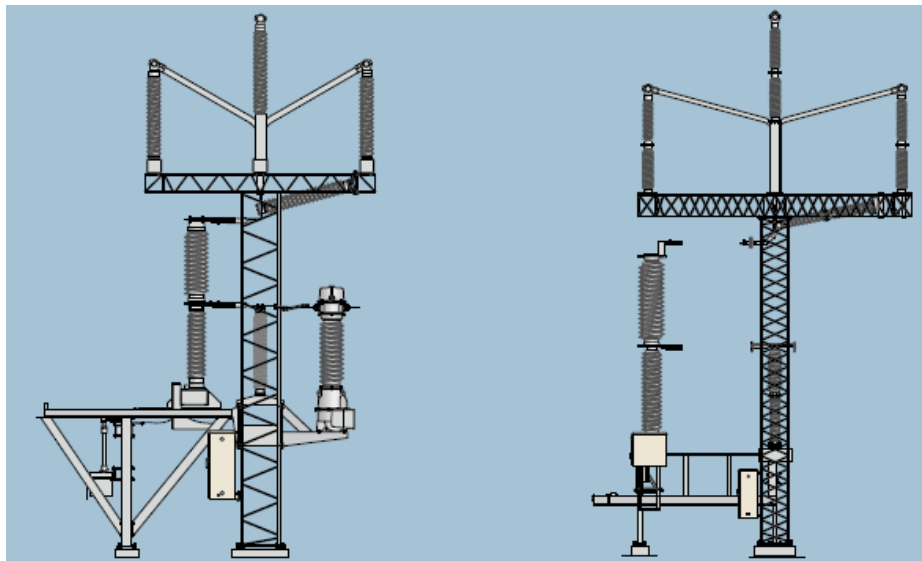
DUPLEX TYPE ARRESTERS FOR USE ON
TELEPHONE LINES

PARARRAYOS DUPLEX
PARA LINEA DE TELEFONO



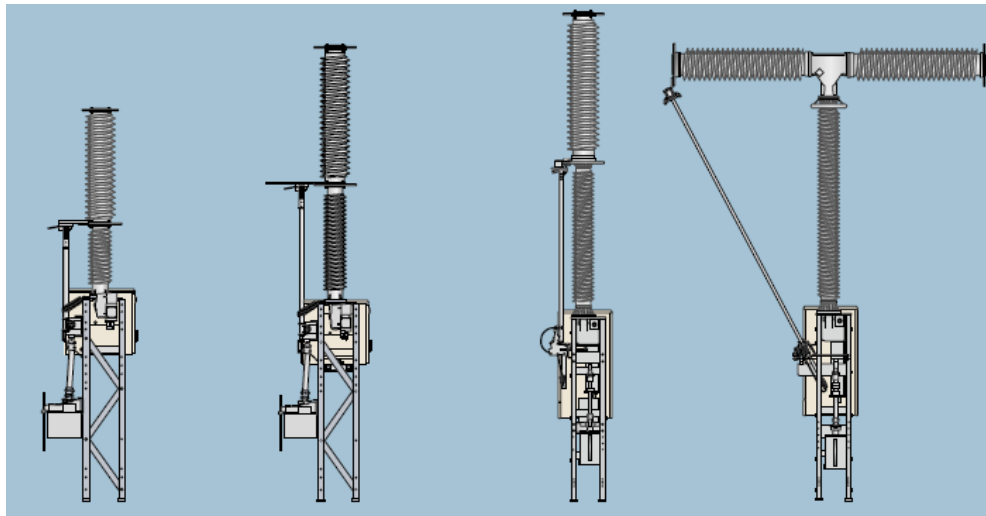
Chaves seccionadoras

WCB – withdrawable circuit breaker for 72.5 – 300 kV



Chaves seccionadoras

Combined - disconnecting circuit breaker for 72.5 - 420 kV

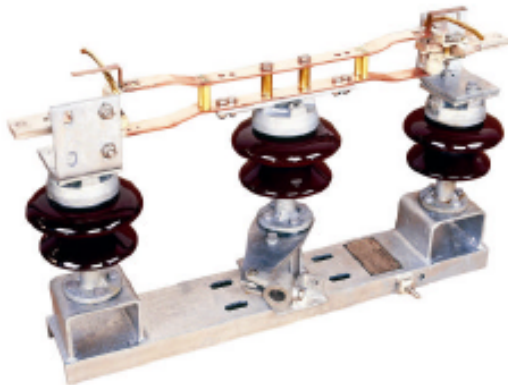


Chaves seccionadoras

SECCIONADOR DE DUPLA ABERTURA LATERAL
MODELO "DL"

DOUBLE SIDE BREAK SWITCH TYPE "DL"

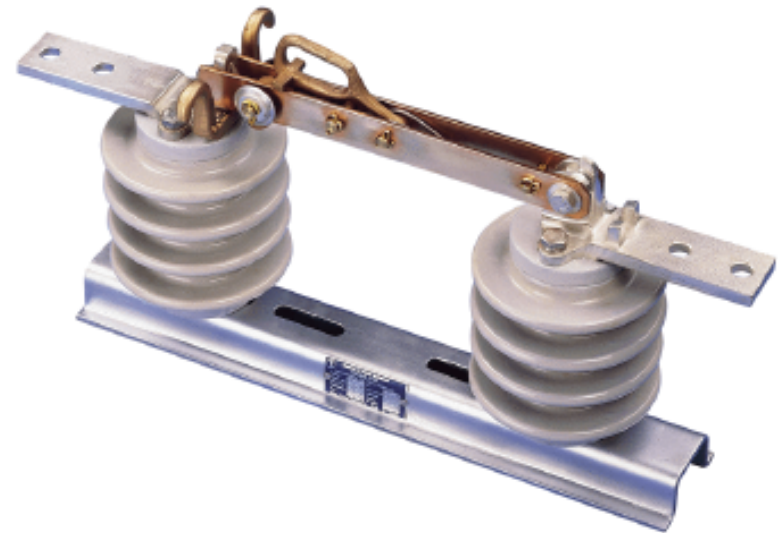
SECCIONADOR DE DOBLE APERTURA LATERAL
MODELO "DL"



SECCIONADORA UNIPOLAR MODELO "DP"

DISCONNECT SWITCH MODEL "DP"

SECCIONADOR UNIPOLAR CUCHILLA MODELO "DP"

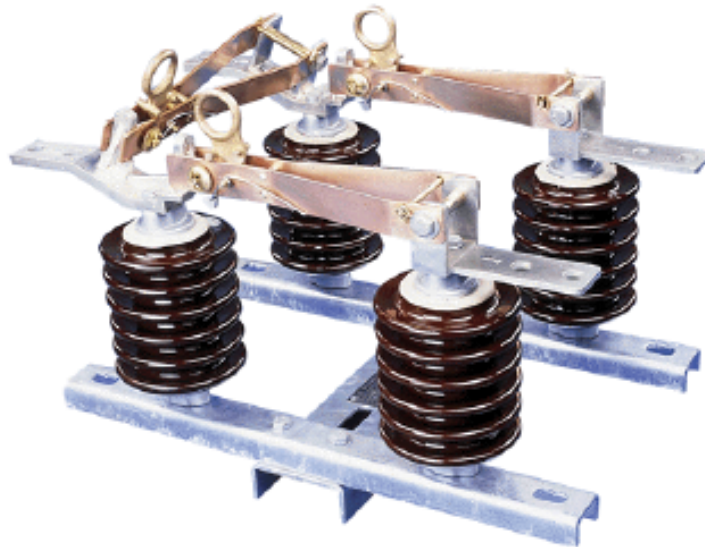


Chaves seccionadoras

SECCIONADORA "BY-PASS" MODELO "DUB"

"BY-PASS" DISCONNECT SWITCH MODEL "DUB"

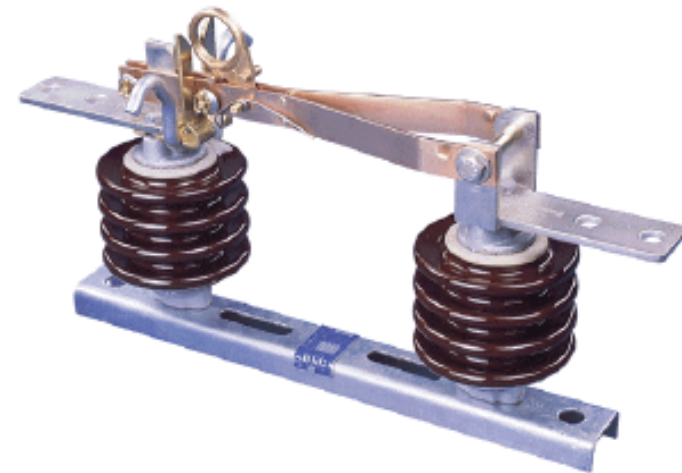
SECCIONADOR CUCHILLA "BY-PASS" MODELO "DUB"



SECCIONADORA UNIPOLAR MODELO "DUC"

DISCONNECT SWITCH MODEL "DUC"

SECCIONADOR UNIPOLAR CUCHILLA MODELO "DUC"



Chaves seccionadoras

SECCIONADOR DE ATERRAMENTO MODELO "TE"

EARTHING SWITCH TYPE "TE"

**SECCIONADOR DE PUESTA DE TIERRA
MODELO "TE"**



Chaves fusível

CHAVE FUSÍVEL MODELO “DF”

“DF” POWER CUTOUT

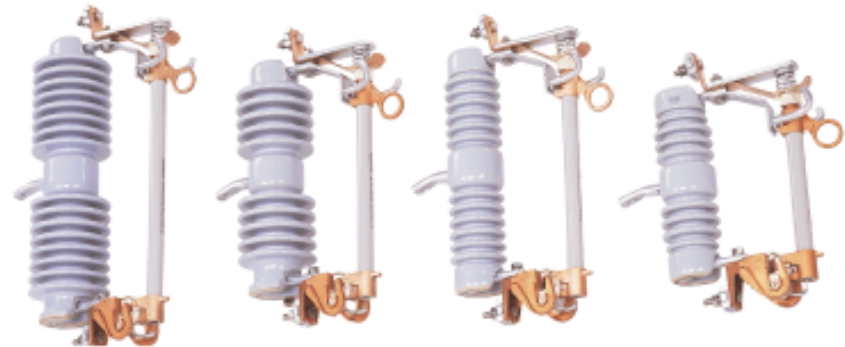
CORTACIRCUITO DE FUERZA “DF”



CHAVE FUSÍVEL MODELO “DHC”

DHC” FUSE CUTOUT

CORTACIRCUITO “DHC”

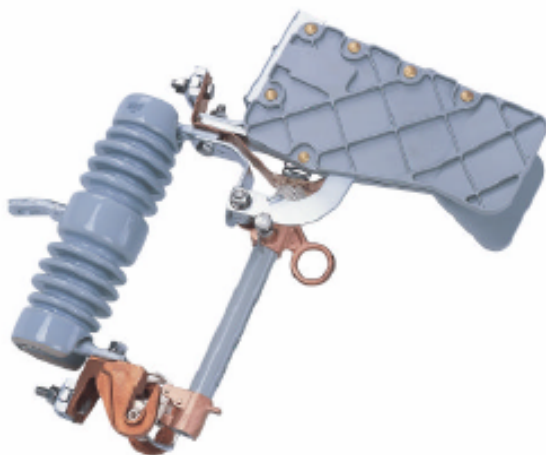


Chaves fusível

CHAVE FUSÍVEL ABERTURA EM CARGA
MODELO "DHC-C"

"DHC-C" LOADBREAK FUSE CUTOUT

CORTACIRCUITO APERTURA BAJO CARGA "DHC-C"

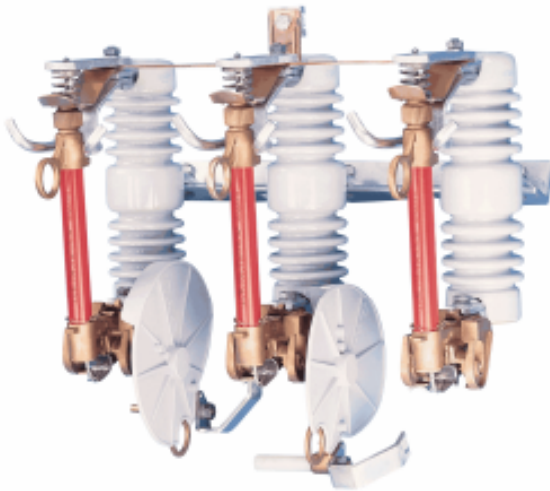


Chaves fusível

CHAVE FUSÍVEL RELIGADORA “DHC-R”

RECLOSING CUTOUT “DHC-R”

RECONNECTADOR FUSÍVEL “DHC-R”



ELOS FUSÍVEL DE DISTRIBUIÇÃO
MODELO “H”, “K”, “T”, “EF” e “OLHAL”

FUSE LINKS “H”, “K”, “T”, “EF” and “OPEN-LINK”

LÁMINA FUSÍVEL “H”, “K”, “T”, “EF” y “OJAL”



Capacitores de potência

Power compensation with HiQ capacitors



Power compensation with DryQ capacitors



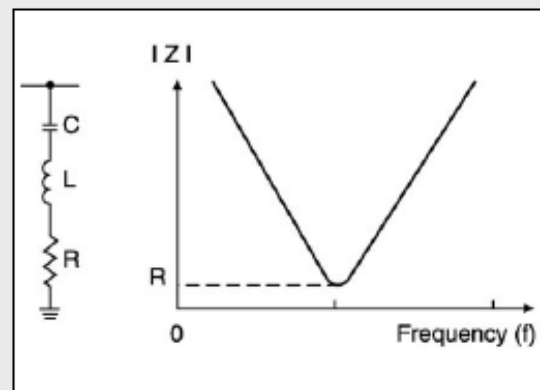
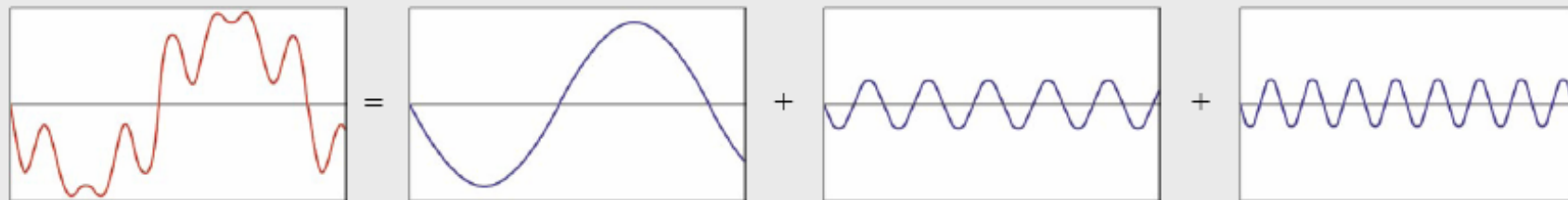
Capacitores de potência

Harmonic filtering

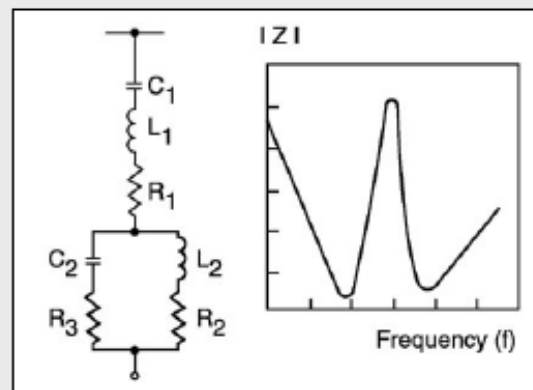
What are harmonics?

Harmonics become apparent when a distorted sinus curve is mathematically analysed. Through Fourier analysis, an arbitrary periodic function can be divided into a number of sine waves. The example below

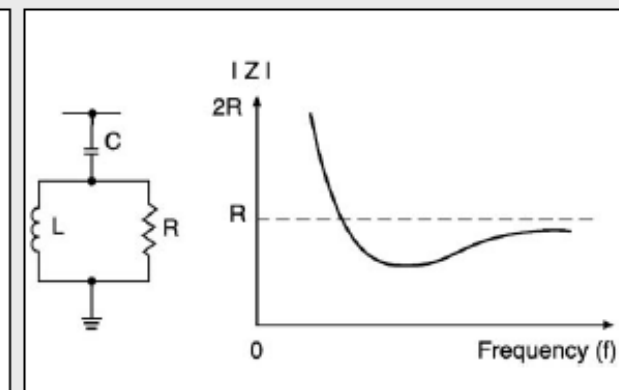
shows that the red distorted curve consists both of the fundamental frequency (e.g. 50 Hz) and of superimposed 5th (250 Hz) and 7th (350 Hz) harmonic frequencies.



Band-pass filter



Double-tuned filter



High-pass filter

Capacitores de potência

Harmonic filtering



Capacitores de potência

Series capacitors in transmission systems increase power transfer capability and reduce losses. Series capacitors are also installed in distribution systems, mainly to improve the voltage stability.



Series capacitors, 215 Mvar, 500 kV, Argentina.



Capacitores de potência

In static var compensation (SVC) thyristors are used for switching and control of capacitors and reactors. Ever since the first installation in 1972, ABB Capacitors has been the supplier of capacitor banks for ABB's static var compensation.



Capacitores de potência

Power capacitors form an important part of an HVDC transmission system for harmonic filtering as well as supply of reactive power. Capacitors with high quality and reliability are essential to the overall performance of the system.



HVDC Light, Gotland, Sweden.



HVDC classic, Baltic Cable, Sweden.

Isoladores e acessórios

BUCHA DE PASSAGEM

ENTRANCE BUSHING

BUJE PASAMURO



GRAMPO DE LINHA VIVA

HOT LINE CLAMPS

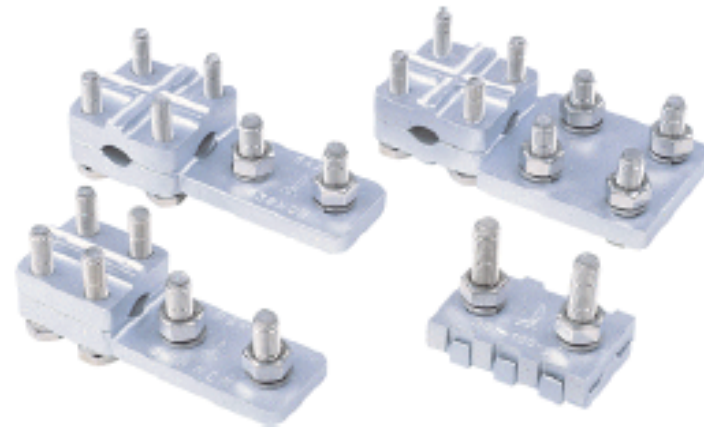
GRAPA DE LINEA VIVA



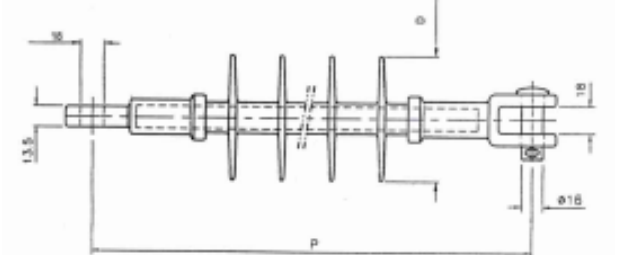
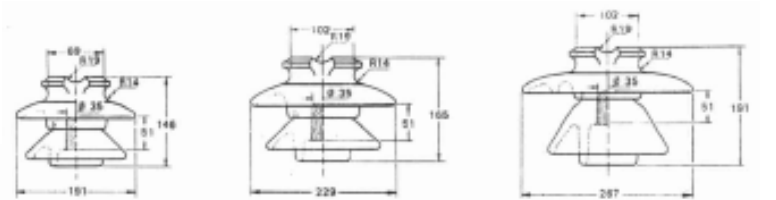
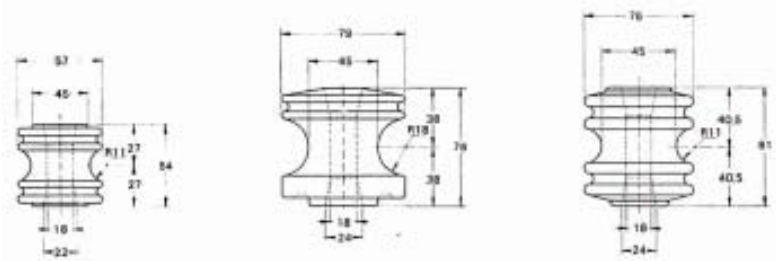
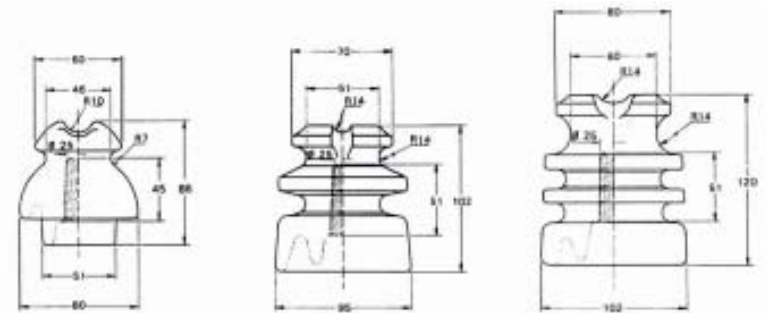
CONECTORES

CONNECTORS

CONECTORES



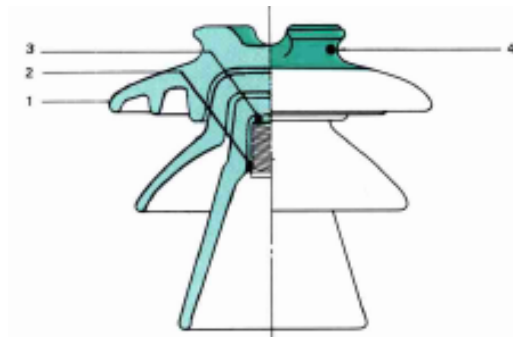
Isoladores e acessórios



Isoladores e acessórios



**ISOLADORES TIPO PINO
MONOCORPO E MULTICORPO**

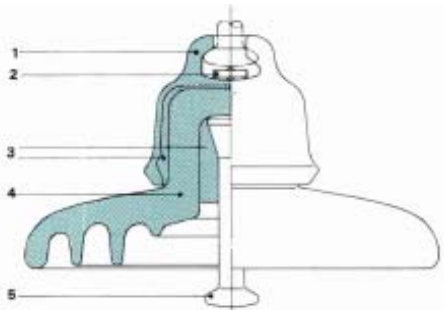


Item Nº	Nome Name	Material Material
1	Saia de porcelana Porcelain shell	Porcelana Porcelain
2	Cimento Cement	Cimento portland Portland Cement
3	Rosca Thread (see pg. 14)	Porcelana ou rosca metálica Porcelain or metal thimble
4	Esmalte semi-condutor Conductive glaze	Esmalte (apenas p/ tipo rádio tratado) Glaze (radio freed type only)

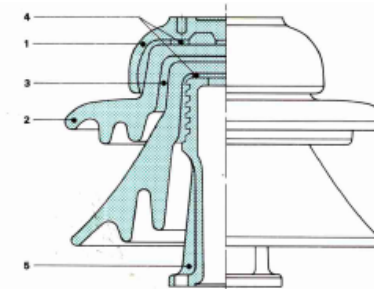
Isoladores e acessórios



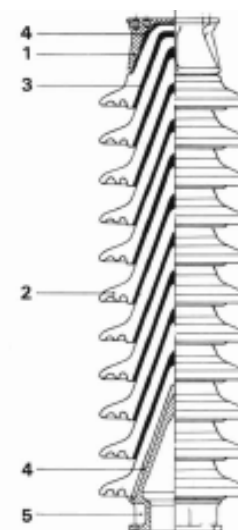
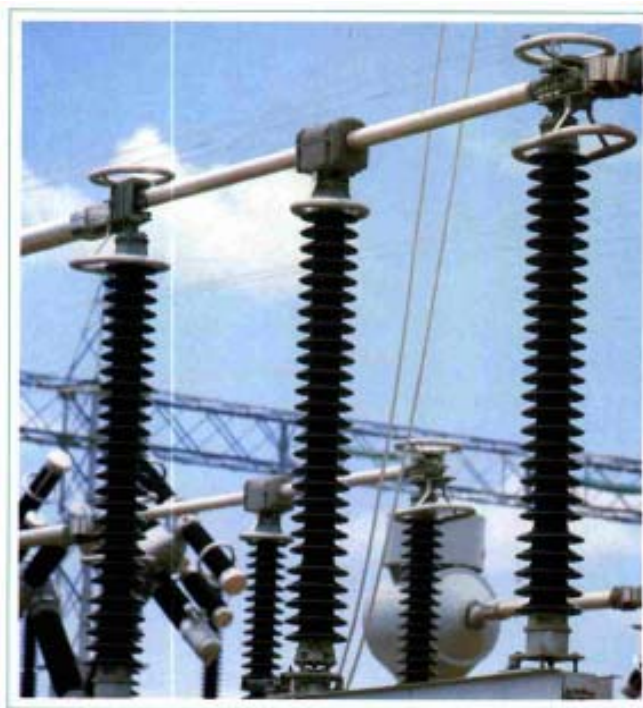
**ISOLADORES DE SUSPENSÃO E
DESCARREGADORES DE CHIFRES**



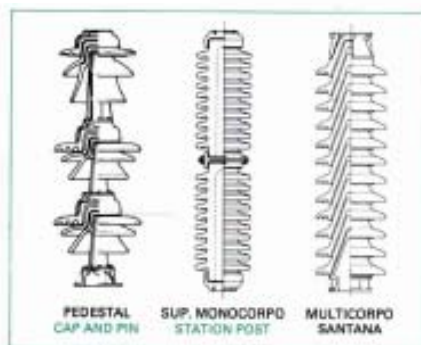
**ISOLADORES
PEDESTAL**



Isoladores e acessórios



**ISOLADORES
MULTICORPO**

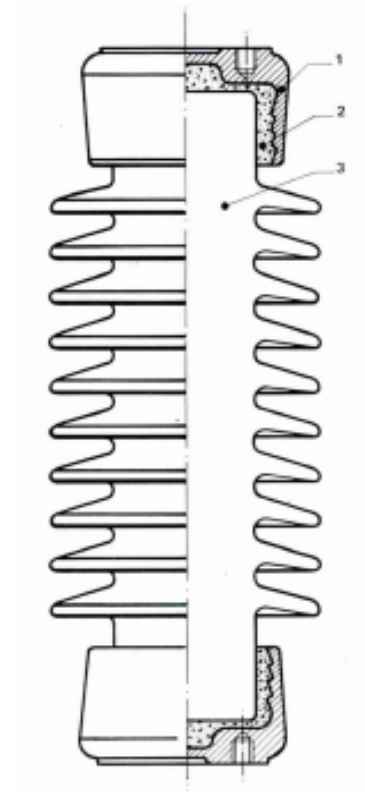


Item Nº	Nome Name	Materiais
1	Capimola Cap	Ferro maleável, pintado a quente Malleable iron, hot dip galvanized
2	Diétrico Dielectric	Porcelana alumina Alumina porcelain
3	Cimento Cement	Cimento sulfúreo Sulphur cement
4	Cimento Cement	Cimento Portland Portland cement
5	Pino Base	Ferro maleável, pintado a quente Malleable iron, hot dip galvanized

Isoladores e acessórios



**ISOLADORES
SUPORTE MACIÇO**

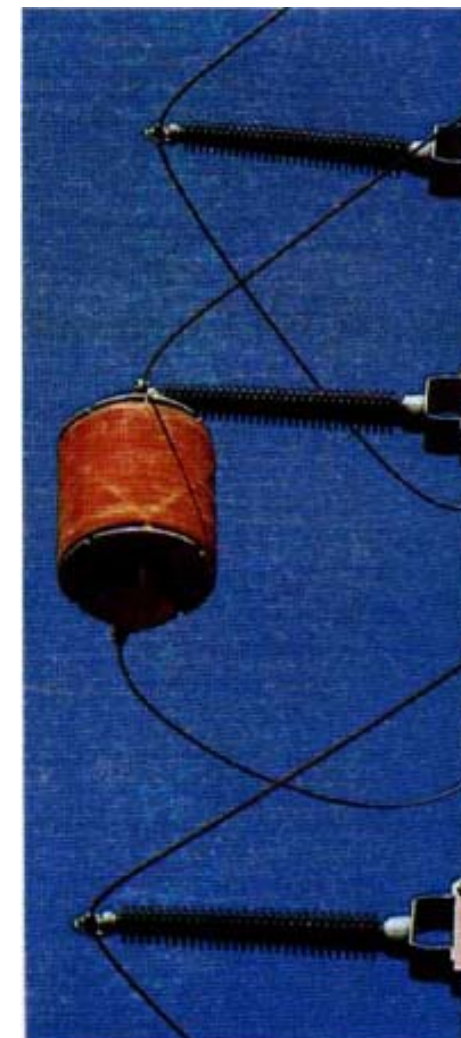


Item Nº	Nome Name	Material
1	Campânula Cap	Ferro Maleável ou Nodular, zincado a quente Ductile iron, hot-dip galvanized
2	Cimento Cement	Cimento Portland Portland Cement
3	Corpo de porcelana Porcelain body	Porcelana Porcelain

Isoladores e acessórios



ISOLADORES PILAR



Isoladores e acessórios



ISOLADORES TIPO BUCHA



Banco de Disjuntores
Circuit Breakers