



Diego Amaral, 16 de Outubro de 2015

PPHV – Para raios Workshop

Conteúdo

Treinamento – Para raios de Alta Tensão

- **Overview**

- O que é?
- Para que serve?

- **Portfólio ABB**

- Para raios de baixa tensão
- Para raios de média tensão
- Para raios de alta tensão

- **Aplicações**

- Cabos
- Transformadores
- Geradores
- Motores
- Filtros e bancos de capacitores

Conteúdo

Treinamento – Para raios de Alta Tensão

- . **Dimensionamento Geral**
 - Dimensionamento elétrico
 - Dimensionamento mecânico
- . **Benefícios**



PPHV – Para raios Overview

PPHV – Para raios

Overview

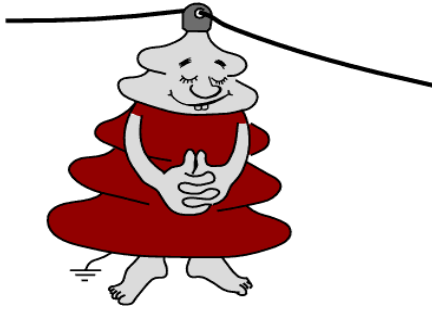


O Para-Raio é um **dispositivo de proteção projetado para limitar sobretensões** à níveis aceitáveis sem ocasionar interrupções do sistema

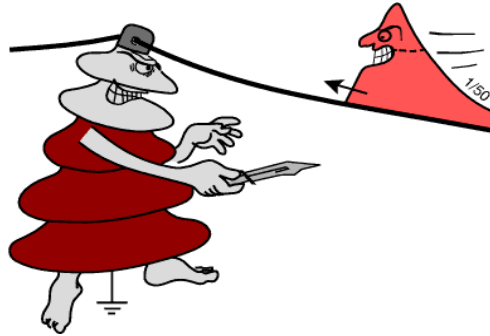
Projetado para proteger outros equipamentos mais caros, sacrificando-se de forma segura em sobretensões que excedam os limites de projeto da subestação

PPHV – Para raios

Overview



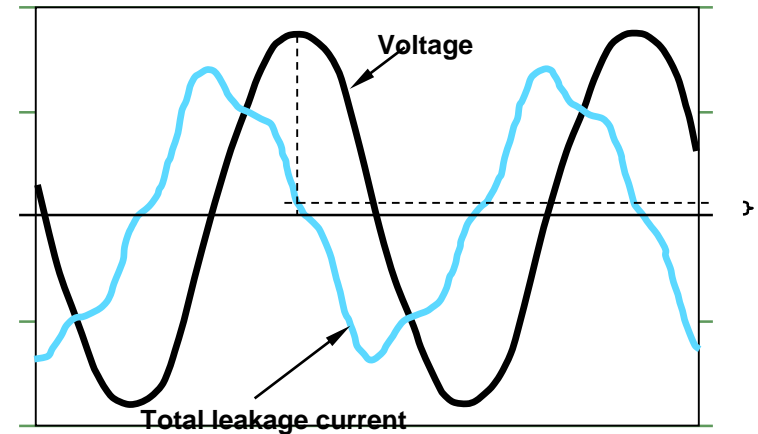
Condições normais



Descarga atmosférica

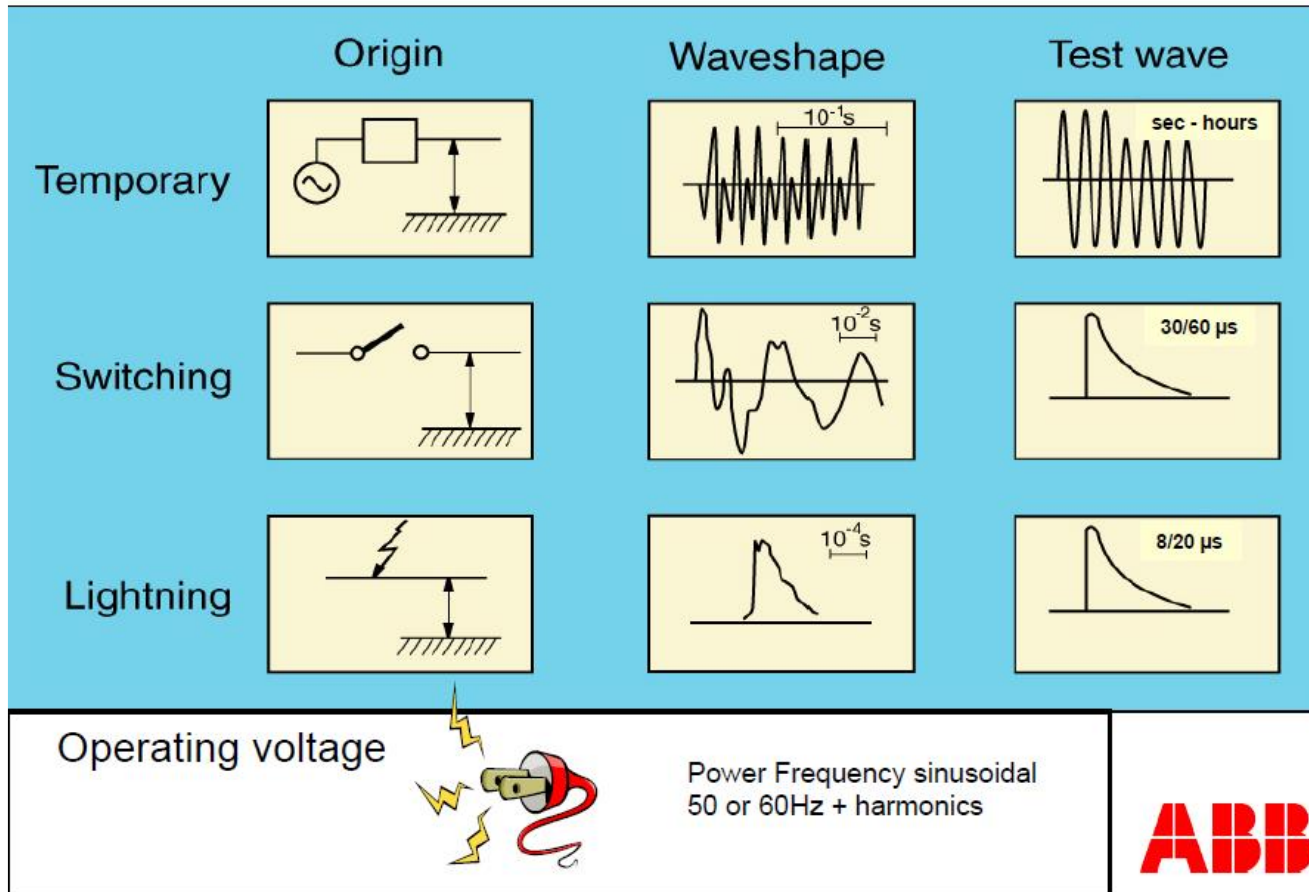


Retorno à condição normal



PPHV – Para raios

Overview



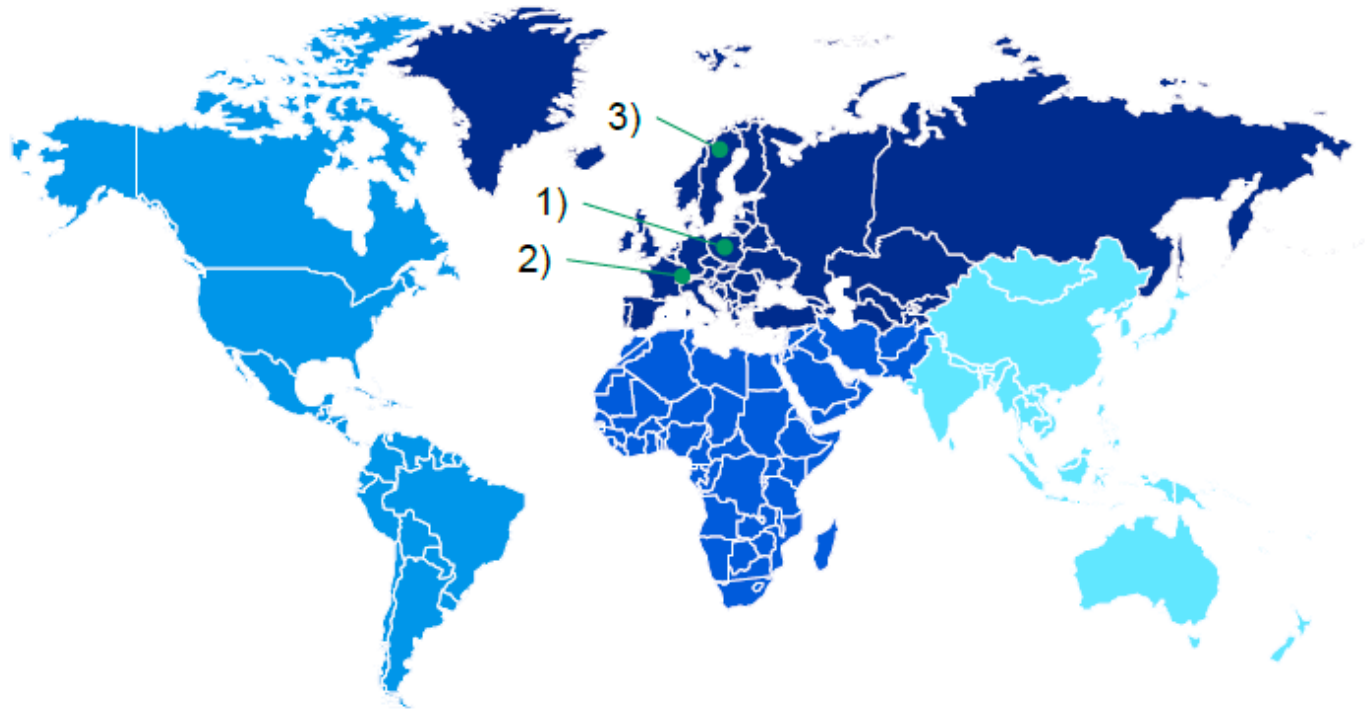
ABB

ABB



PPHV – Para raios Portfolio

PPHV – Para raios Portfolio



1) Surge arresters for LV systems



2) Surge arresters for MV systems



3) Surge arresters for HV systems

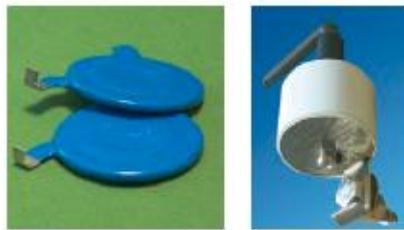
PPHV – Para raios Portfolio



LV (U_c up to 1kV)

ABB Poland, Przasnysz

Mass market



Products:

LOVOS



MV (U_c 1kV up to 44kV)

HV GIS (U_c above 114kV)

ABB Switzerland, Wettingen

Mass market and specialities



Products:

POLIM, MWD/MWK

Products:

AZ, AZY



HV (U_c above 44kV)

ABB Sweden, Ludvika

Mass market and projects



Products:

EXLIM, PEXLIM

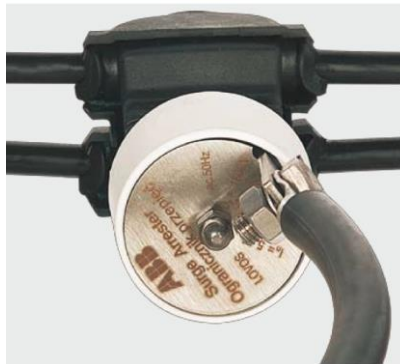


Products:

EXLIM, MXE

PPHV – Para raios Portfolio

Para raios de Baixa Tensão



Arrester type	U _c (effective value)	U _p at I _n	I _n / I _{max}	U _p at I _{max}	Energy absorption capability	U _p at long lasting surge 2000μs
	V	V	kA	V	J	V
LOVOS – 5/280	280	1100	5/25	1500	1800	850
LOVOS – 5/440	440	1800		2500	3000	1300
LOVOS – 5/500	500	2000		2600	3200	1600
LOVOS – 5/660	660	2500		3200	4000	1800
LOVOS – 5/1000	1000	4000		5200	6400	3200
LOVOS – 10/280	280	1100	10/40	1700	2200	900
LOVOS – 10/440	440	1800		2700	3300	1400
LOVOS – 10/500	500	2000		3200	3900	1700
LOVOS – 10/660	660	2500		3800	4500	1900
LOVOS – 10/1000	1000	4000		5800	7800	3400

PPHV – Para raios Portfolio

Para raios de Média Tensão

	POLIM-H up to 36 kV 13.3 kJ/kV _{Uc}	POLIM-S up to 36 kV 9.0 kJ/kV _{Uc}	POLIM-K up to 36 kV 5.2 kJ/kV _{Uc}	POLIM-D up to 36 kV 3.6 kJ/kV _{Uc}	POLIM-D.PI up to 36 kV 2.6 kJ/kV _{Uc}	MWK up to 36 kV 5.5 kJ/kV _{Uc}	MWD up to 36 kV 5.5 kJ/kV _{Uc}	POLIM-C up to 36 kV 5.5 kJ/kV _{Uc}	POLIM-R < 1 kV up to 24 kJ/kV _{Uc}
Medium voltage switchgear					●	●	●		
Generators	●	●							
AC motors			●			●	●	●	
Power electronics/ converter transformers								●	●
Power electronics secondary side								●	●
HF block, throttle				●					

- Primary type, recommended according to energy handling requirement
- Alternatively applicable for low electrical or mechanical requirements

PPHV – Para raios

Portfolio

Para raios de Alta Tensão

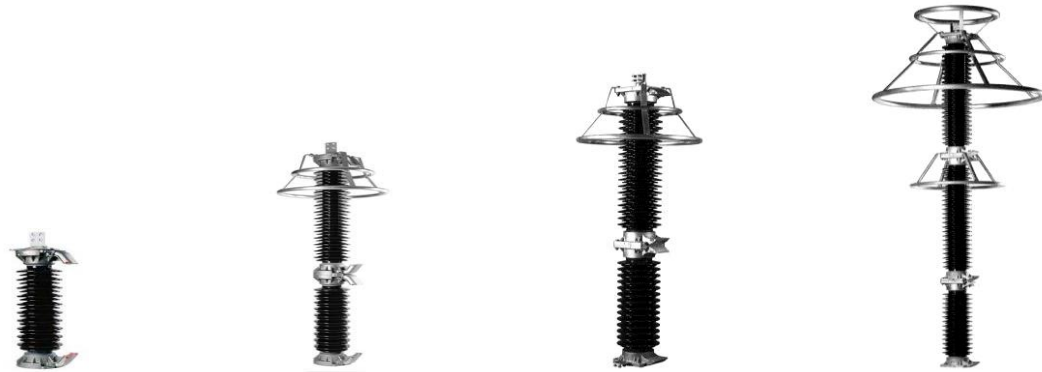


Descrição	PEXLIM R	PEXLIM Q	PEXLIM P
Tensão do Sistema	52 – 170 kV	52 – 420 kV	52 – 420 kV
Tensão Nominal	42 – 162 kV	42 – 360 kV	42 – 360 kV
Corrente Nominal de Descarga	10 kA	10 kA	20 kA
Classe de Descarga	Classe 2	Classe 3	Classe 4

PPHV – Para raios

Portfolio

Para raios de Alta Tensão



Descrição	EXLIM R	EXLIM Q	EXLIM P	EXLIM T
Tensão do Sistema	52 – 170 kV	52 – 420 kV	52 – 550 kV	245 – 800 kV
Tensão Nominal	42 – 168 kV	42 – 420 kV	42 – 444 kV	180 – 624 kV
Corrente Nominal de Descarga	10 kA	10 kA	20 kA	20 kA
Classe de Descarga	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5



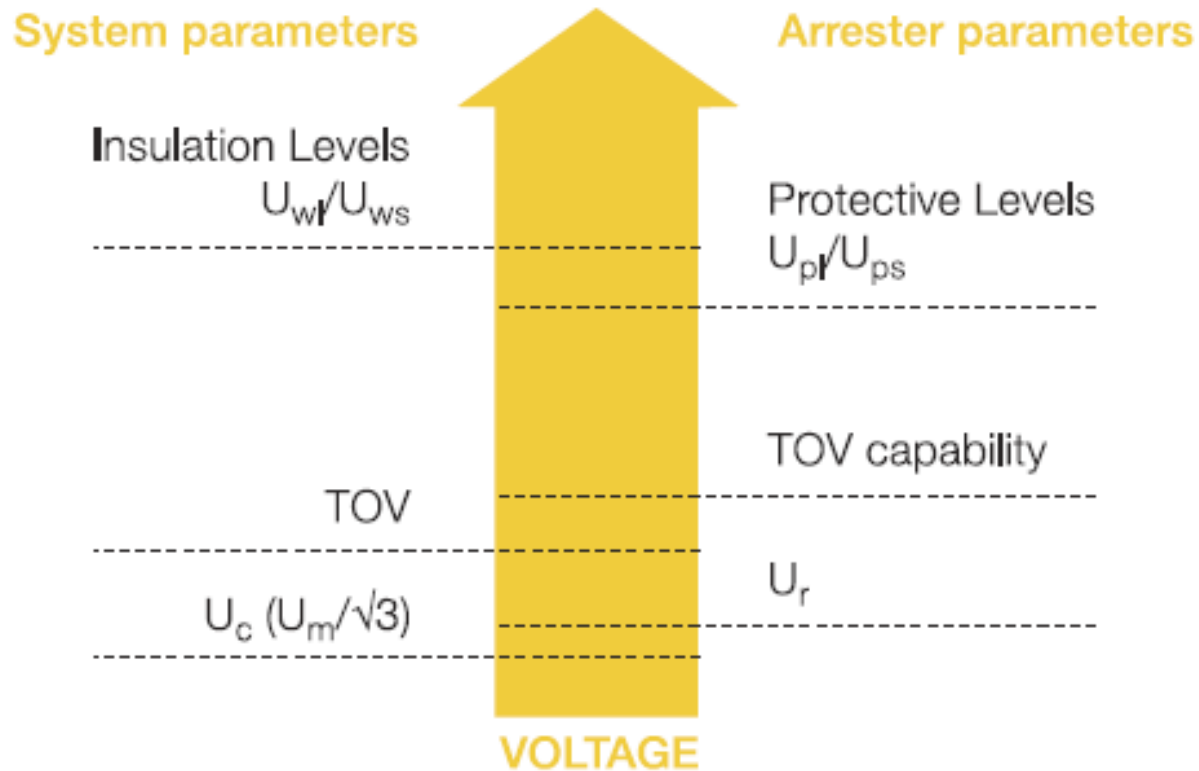
PPHV – Para raios

Aplicação

PPHV – Para raios

Aplicação

System/arrester parameters



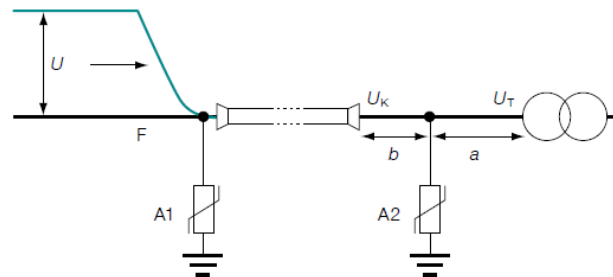
PPHV – Para raios

Aplicação

Cabos

Table 10: Maximum admissible distance a between cable end and transformer according to Figure 33 with $b=0$. The cable is connected to a lightning endangered line and protected at both ends with MO arresters (with $U_e = U_a$). The transformer has no additional protection.

MO arrester with $U_{pl} = 4$ p.u. at $I_n = 10$ kA	Overhead line with wooden pole		Overhead line with earthed crossarms	
Z_k	30	60	30	60
Ω				
U_e	a	a	a	a
kV	m	m	m	m
3.6	100	100	500	500
7.2	45	40	60	55
12	17	12	22	15
17.5	15	9	20	13
24	13	9	18	11
36	7	6	18	11

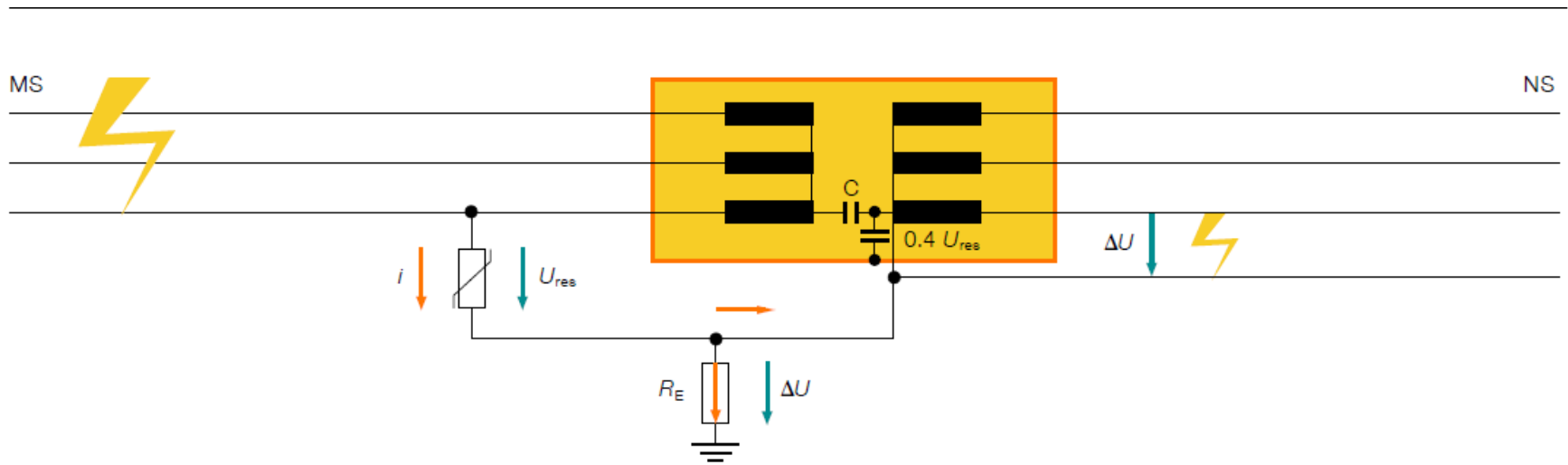


- F: Lightning endangered overhead line
- U: Incoming lightning overvoltage
- K: Cable
- A1, A2: MO arrester
- a, b: Length of the connection line
- U_K : Maximum voltage at the end of the cable
- U_T : Maximum voltage at the transformer

PPHV – Para raios

Aplicação

Transformadores



PPHV – Para raios

Aplicação

Geradores

- Entrada e saída de carga
- **Altas sobretensões entre os terminais;**
- **Baixas tensões residuais exigidas e alta demanda de energia;**

$$U_c \geq \frac{\delta_L \times U_s}{T}$$

PPHV – Para raios

Aplicação

Motores

- Restrikes decorrentes das múltiplas partidas
- **Necessário instalar os para raios diretamente nos terminais ou próximos dos disjuntores;**
- **Suportabilidade da isolação sensível à sobretensões;**
- $U_c \geq U_s / \sqrt{3}$

PPHV – Para raios

Aplicação

Filtros e bancos de capacitores

- Sobretensões após o chaveamento do banco de capacitores ou filtro;
- **Banco em estrela aterrada, o para raios deve promover o descarregamento;**
- **Banco com neutro isolado, o para raios deve ser capaz de ser ajustado à potência reativa do banco;**

$$W_c \geq \frac{S_K}{\omega} \times [3 - (U_c/U_s)^2]$$

S_K : 3-phase reactive power of the capacitor battery

W_c : The discharge energy taken up by the arrester

Arrester type	POLIM-D	POLIM-K	POLIM-I MWK/MWD	POLIM-S	POLIM-H
$U_c \geq U_s$					
W/U_c in kJ/kV	3.6	5.2	5.5	9.0	13.3
U_s in kV	S_K in MVar	S_K in MVar	S_K in MVar	S_K in MVar	S_K in MVar
3.6	0.67	0.97	1.03	1.69	2.50
7.2	1.35	1.95	2.07	3.39	5.01
12	2.26	3.27	3.45	5.65	8.35
17.5	3.29	4.77	5.03	8.24	12.18
24	4.52	6.58	6.90	11.30	16.70
36	6.78	9.81	10.36	16.95	25.05



PPHV – Para raios Dimensionamento

PPHV – Para raios

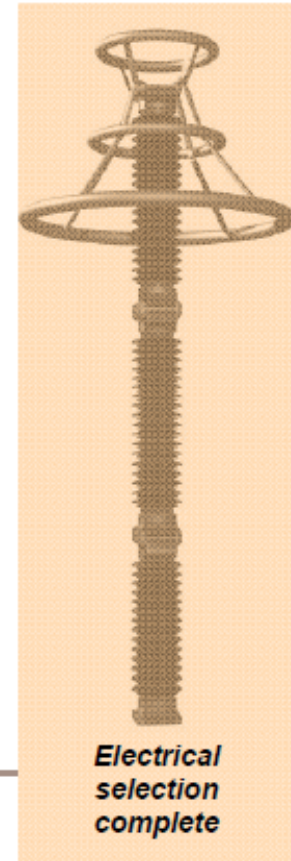
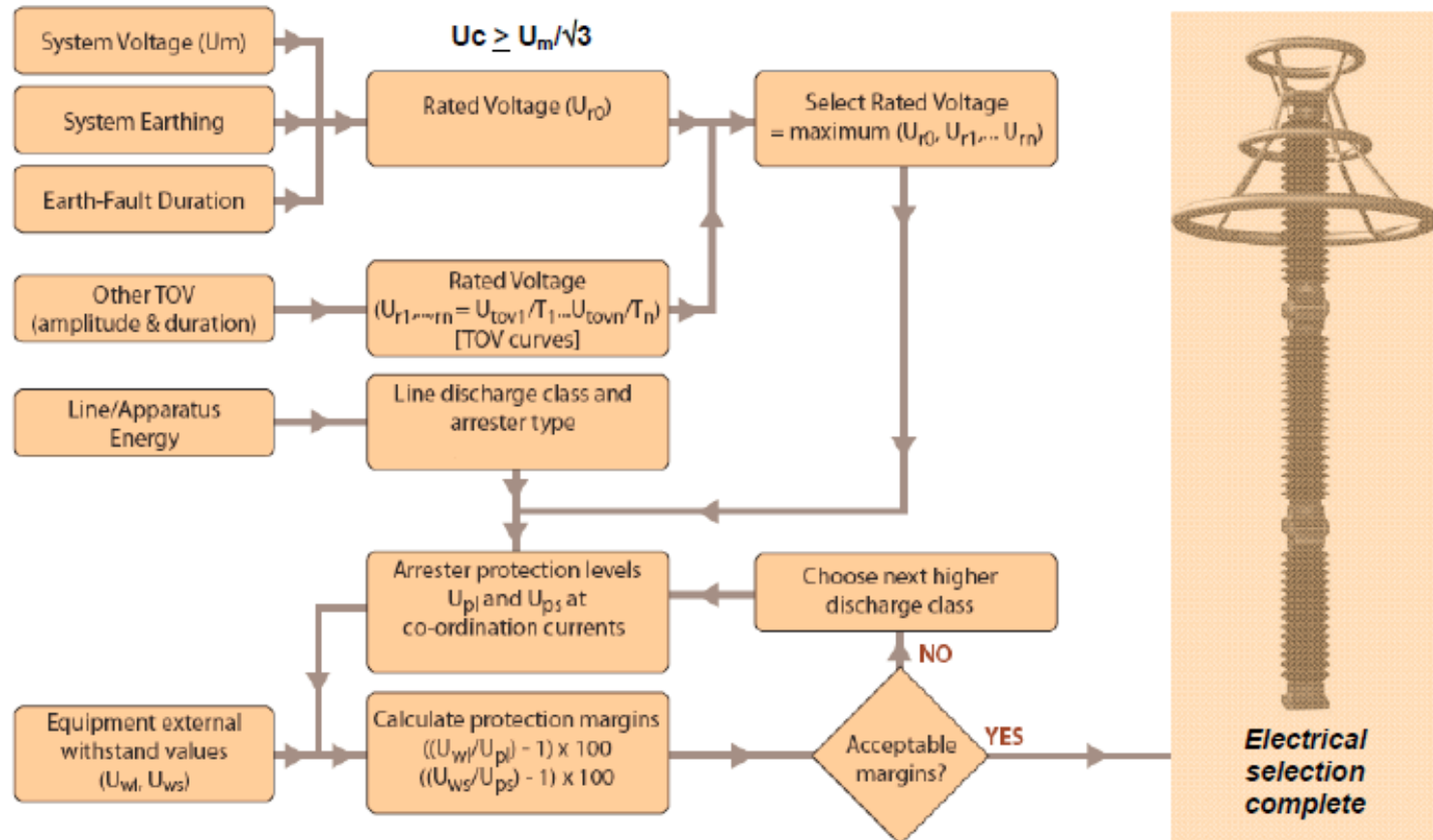
Dimensionamento

- O dimensionamento de um para raio baseia-se em:
 - **Dimensionamento elétrico;**
 - **Dimensionamento mecânico;**

PPHV – Para raios

Dimensionamento

Dimensionamento elétrico



PPHV – Para raios

Dimensionamento

Dimensionamento elétrico

a) Seleção da tensão de operação contínua e tensão nominal

- Parâmetros do sistema:

- Tensão máxima do sistema (U_m): Normalmente conhecida
- Sobretensão temporária: Tempo de duração dependente do tipo de sistema trifásico - $TOV = \left(\frac{U_m}{\sqrt{3}}\right) \times k_e$; onde k_e é o fator de falta.

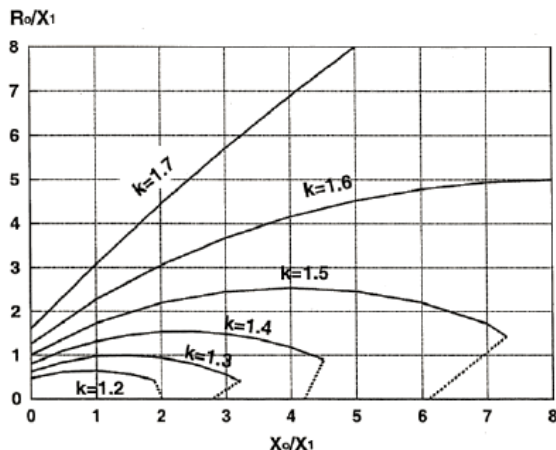


Fig. 43
Curves showing relationship between R_0/X_1 and X_0/X_1 for constant earth fault factor k_e and zero fault resistance
(Source: IEC 60071-2)

R_0 = zero sequence resistance
 X_0 = zero sequence reactance
 X_1 = positive sequence reactance

	TOV in p.u. of $U_m/\sqrt{3}$	Fault duration
Directly earthed neutral systems	$U_m \leq 123$ kV	1 s
	$U_m > 123$ kV	1 s
Resonant earthed & isolated neutral systems	1.73	10 s or 2 h

PPHV – Para raios

Dimensionamento

Dimensionamento elétrico

a) Seleção da tensão de operação contínua e tensão nominal

- **Tensão de operação contínua:**
- Tensão de operação contínua: Um (fase-terra). Obs: Sistema com harmônicos (> 10%) sobrestimar em 5%.
- **Tensão nominal de operação:**
- Processo iterativo que considera o fator de força da sobretensão temporária e a absorção de energia exigida para aquela sobretensão. O processo iterativa deve convergir para valores menores do que o “chute inicial”.

PPHV – Para raios

Dimensionamento

Dimensionamento elétrico

b) Seleção da corrente de descarga nominal

Maximum system voltage (kV)

800
550
 $245 < U_m \leq 420$
 $36 < U_m \leq 245$
 ≤ 36

Nominal current (kA)

20
20 (or 15 as per IEEE)
10 or 20
10
5 or 10

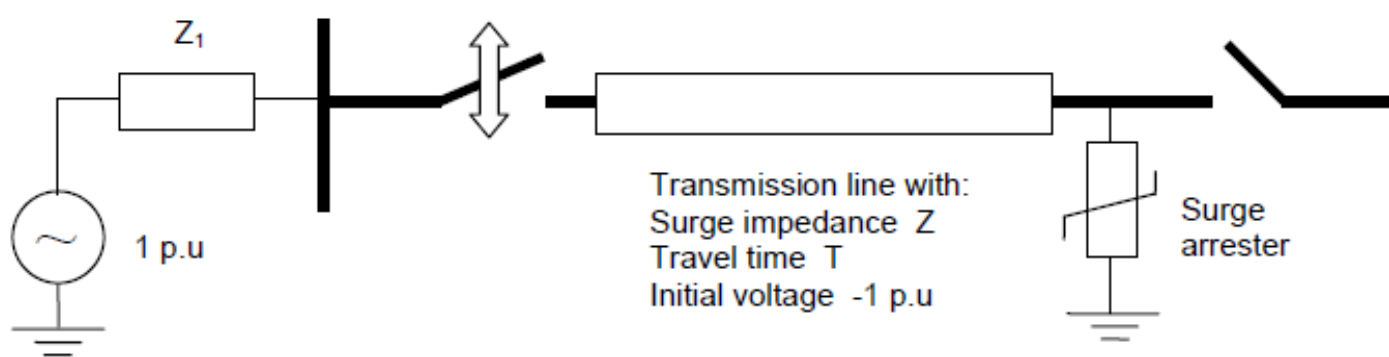
PPHV – Para raios

Dimensionamento

Dimensionamento elétrico

c) Seleção da capacidade de absorção de energia

- $W = \left(\frac{U_L - U_{ps}}{Z} \right) \times U_{ps} \times 2T \times n$, onde W = energia absorvida pelo para raio; U_L = sobretensão estimada; U_{ps} = nível de proteção de manobra do para raio; impedância da linha; T = tempo de propagação da onda e n = numero de descargas.



PPHV – Para raios

Dimensionamento

Dimensionamento elétrico

d) Verificação dos níveis de proteção

Maximum system voltage (kV)

420 – 800
145 – 362
< 145

Maximum current (kA)

2
1
0.5

Maximum system voltage (kV)

800
550
 $245 < U_m \leq 420$
 $36 < U_m \leq 245$
 ≤ 36

Nominal current (kA)

20
20 (or 15 as per IEEE)
10 or 20
10
5 or 10

PPHV – Para raios

Dimensionamento

Dimensionamento elétrico

e) Margens de proteção

- Margem de proteção para impulso atmosférico

$$\% = \left[\left(\frac{LIWL}{U_{PL}} \right) - 1 \right] \times 100$$

- Margem de proteção para impulso de manobra

$$\% = \left[\left(\frac{SIWL}{U_{PS}} \right) - 1 \right] \times 100$$

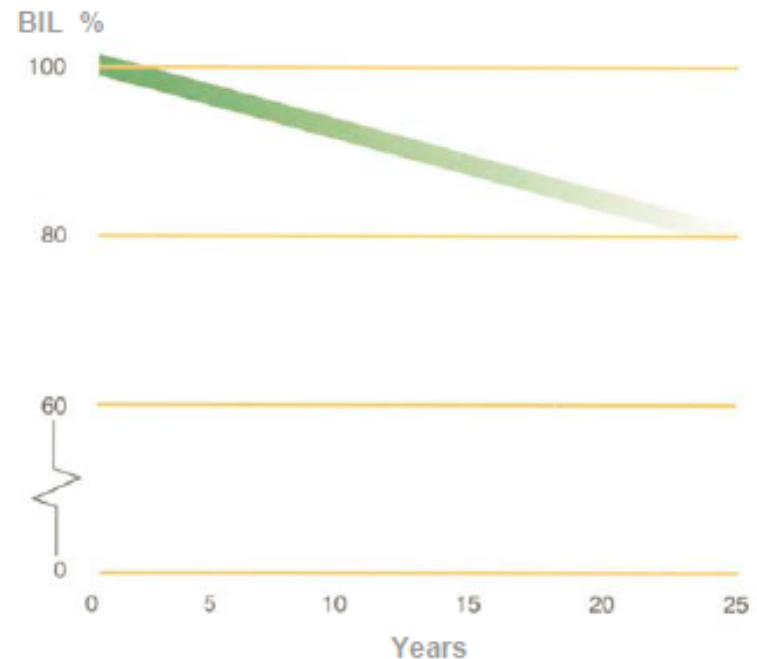
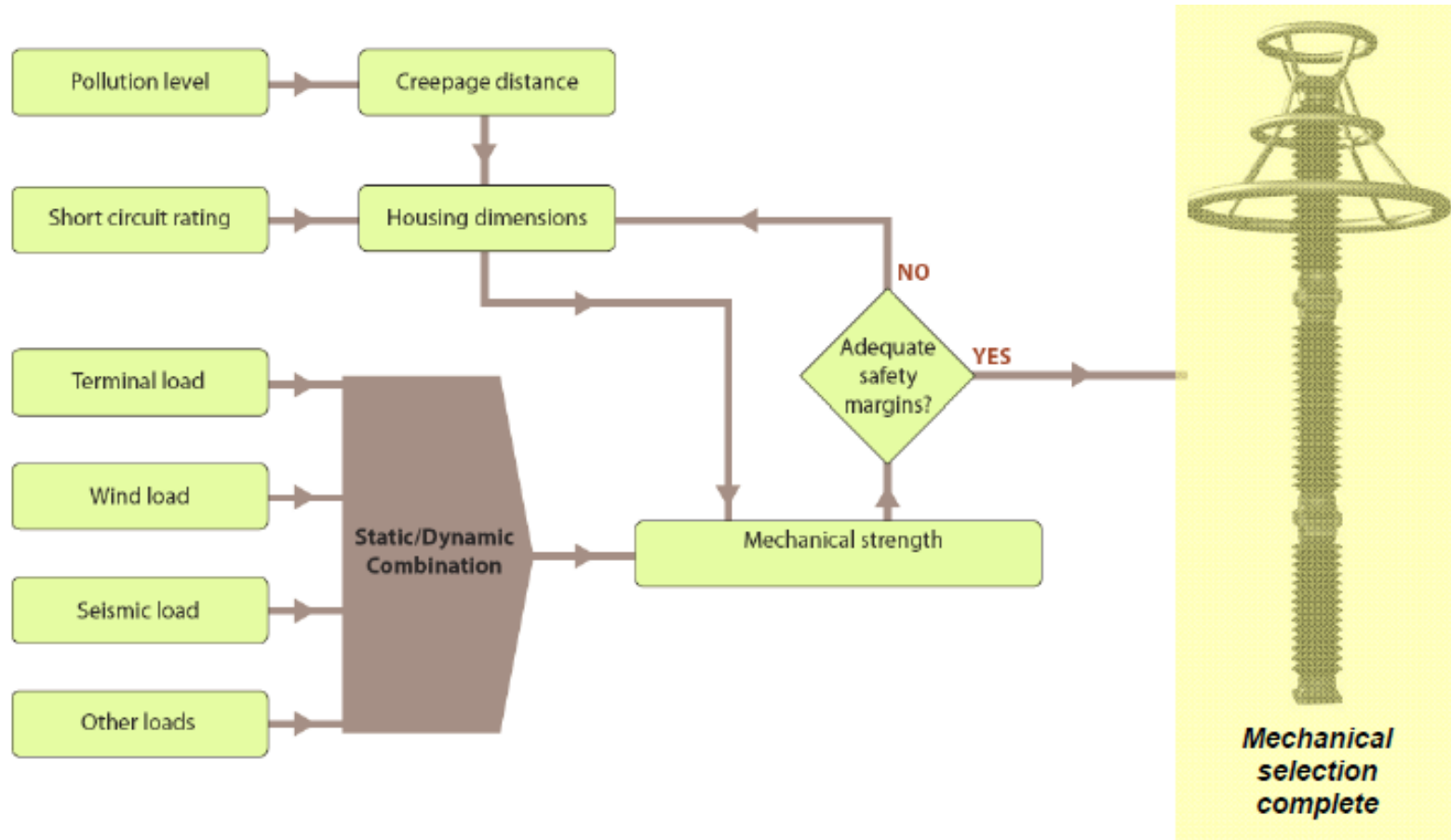


Fig. 47
Insulation withstand with time for paper and oil insulated power transformers. Ageing reduces insulation withstand of equipment and thus the protection margin.

PPHV – Para raios

Dimensionamento

Dimensionamento mecânico



PPHV – Para raios

Dimensionamento

Dimensionamento mecânico

a) Seleção da distância de escoamento

<u>Pollution level</u>	<u>Specific creepage (mm/kV U_m)</u>
Light (L)	16
Medium (M)	20
Heavy (H)	25
Very Heavy (V)	31

PPHV – Para raios

Dimensionamento

Dimensionamento mecânico

b) Determinação dos esforços fletores

ESTIMATED LOADING TABLE

ARRESTER DATA

		PEXLIM	F360-NH420
1	Type designation		
2	Mass	kg	130
3	Height	H	33.53
4	Diameter of insulator	d	210
5	Bending strength, SSL	M _b	4000
6	Max continuous bending moment, SSL	M _{ct}	2000

TERMINAL LOAD

1	Horizontal terminal load - static	F _t	N	200
2	Horizontal terminal load - dynamic	F _{td}	N	750
3	Terminal moment - static	M _t =F _t *H	Nm	671
4	Terminal moment - dynamic	M _{td} =F _{td} *H	Nm	2515

MAXIMUM WIND LOAD

1	Max wind velocity	v	km/h	100,00
2	Coeff of drag for cylindrical parts	α		0,8
3	Area	A=H*d	m ²	0,70
4	Height to center of gravity	h=H/2	mm	1676,5
5	Air density	ρ	kg/m ³	1,29
6	Dynamic pressure of wind	P=(ρ/2)*v ²	N/m ²	498
7	Wind force on insulator	F _w =P*α*A	N	280
8	Estimated wind force on grading ring (if any)	F _{gr} =0,2*F _w α _{gr} F _{gr} =0	N	56
9	Max wind moment	M _w =(F _w +F _{gr})*h	Nm	564

SEISMIC LOAD

1	Maximum ground acceleration	a	g	0,3
2	Damping	ξ	%	2
3	Torsion of the insulator	C	Nm/rad	67530
4	Moment of inertia (around base)	I=(π*d ⁴)/32	kgm ⁴	487
5	Natural frequency (single frequency)	f=(C/I) ^{0,5} /2π	Hz	1,9
6	Arrester acc. at eq. (from IEC spectra)	a ₀	g	0,72
8	Max seismic load	F _s =m*a ₀ *g	N	921
9	Moment due to seismic loads	M _s =F _s *h	Nm	1544

SAFETY FACTOR WITH COMBINED ARRESTER LOADS

STATIC TERMINAL + STATIC WIND	M _t / (M _t +M _w +0,4 ²)	3,3
TERMINAL + MAX. WIND	M _{td} / (M _{td} +M _w)	1,3
TERMINAL + SEISMIC	M _t / (M _t +M _s)	1,0
TERMINAL + SEISMIC + STAT. WIND	M _{td} / (M _{td} +M _s +M _w +0,4 ²)	1,0

Loads act about different moment arms and are NOT located solely at the terminal

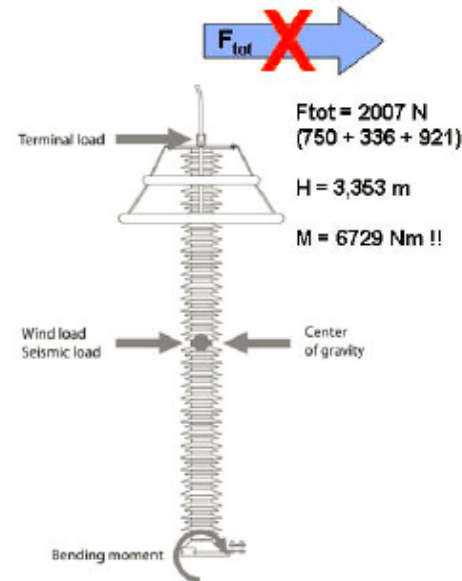


Fig. 50 Example of Estimated Loading Table



PPHV – Para raios

Benefícios

PPHV – Para raios

Benefícios

Performance	Benefícios
Alta capacidade de energia	Todos os pára-raios são rotineiramente verificados em relação à capacidade de absorção
Envelhecimento estável	Garante maior vida útil
Baixo nível de proteção	Maior proteção aos demais equipamentos da instalação
Alta suportabilidade a sobretensões temporárias	Suporta todos os tipos de TOV da rede
Baixas perdas	Mais estável termicamente, menores custos com perdas
Rastreabilidade de todos os blocos	Controle de Qualidade

Power and productivity
for a better world™

