

Desligamentos em Linhas de Transmissão

devido as descargas atmosféricas

01 Introdução

02 Métodos de mitigação

03 Caso de estudo

04 Resultados



# 01 Introdução

A operação correta das linhas de transmissão é muito importante para a operação adequada do sistema de energia. Que se procura ter um balance de energia produzida com energia consumida.

Este balance de energia é observada pela Variable frequência, que deve ficar na faixa de  $60 \pm 0.1$  Hz(Brasil).

Então o desligamento de uma linha que transporta uma potência considerável pode levar o sistema fora da faixa da frequência.

Nós precisamos conhecer a causa do desligamento e tipo de falha o plantear jeitos de mitigação que tem influência em a taça de falha.

Uma taça de falha aceitável varia de 1-3 falhas/100km.ano (IEC 60071-2006).



## Descarga direita

A ocorrência é sobre o cabo para raios, fase ou torre. Provocando flashover o blackflashover.

Flashover: A descarga é produzido de fase a torre, caracterizado por provocar falhas monofásicas

Blackflashover: A descarga é produzido de torre a cabo de fase, caracterizado por provocar falhas simultâneas, bifásicas ou trifásicas



## 02 Métodos de mitigação

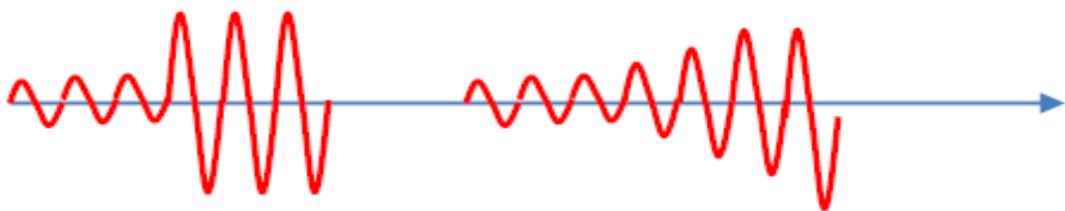
**Proteção adaptativa:** Cabe ressaltar que as descargas atmosféricas são uma perturbação de tipo transitória, então é preciso que a proteção tenha identificado o tipo

**Melhoras em PAT:**

Por exemplo aumentado contrapesos ou fazendo PAT capacitivas

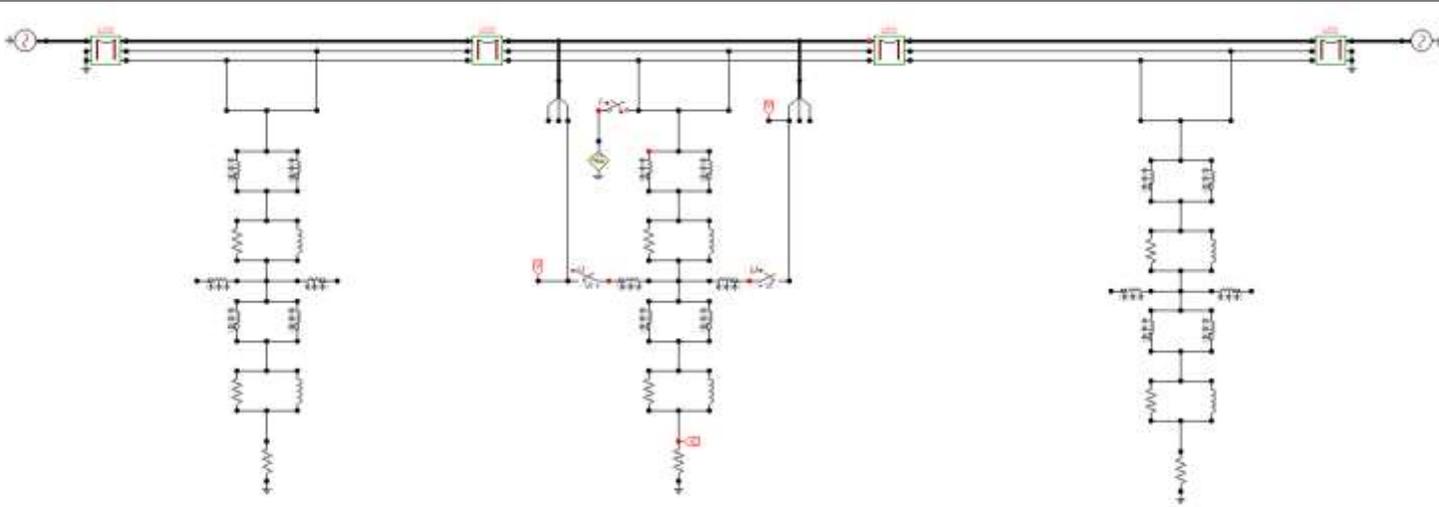
**Descarregadores de sobretensão:**

O método vai ser desenvolvido



## 03 Caso de estudo

Para fazer o estudo, pegamos o circuito mostrado na figura em um trecho de 1,6 km, onde a ocorrência de descargas é forte para uma linha de transmissão de 500 kV



# Modelo da LT

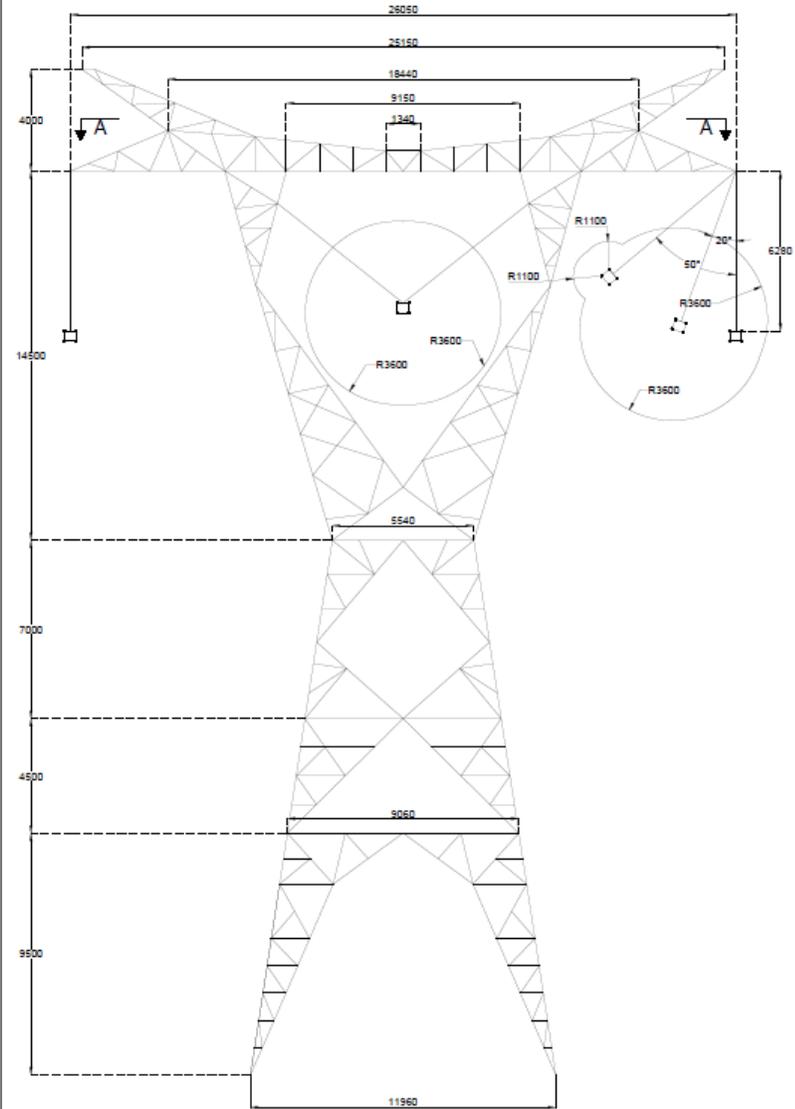
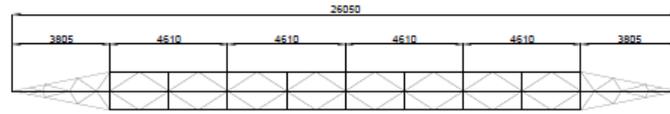
As sobretensões de impulso tipo raio tem uma faixa de frequência de [10 KHz – 3 MHz], então a gente precisa ter um modelo de linha de parâmetros dependente da frequência. Para o trabalho usamos o modelo J.Martin que usa uma matriz de transformação real a uma frequência específica

The screenshot shows a software interface with three tabs: Model, Data, and Nodes. The 'Model' tab is active. It contains several sections for configuring a transmission line model.

- System type:** Name: LINEA\_VALLA. Options:  Template,  Embed,  Single ph. icon.
- Overhead Line:** A dropdown menu showing 'Overhead Line' and a '#Ph:' spinner set to 5.
- Options:**  Transpose,  Auto bundling,  Internal calculation,  Skin effect,  Segmented ground,  Real transf. matrix.
- Units:**  Metric,  English.
- Standard data:** Rho [ohm\*m]: 3000, Freq. init [Hz]: 0.005, Length [km]: 0.4.  Set length in icon.
- Model Type:**  Bergeron,  PI,  JMarti,  Noda,  Semlyen,  ULM.
- Data:** Decades: 6, Points/Dec: 10, Freq. matrix [Hz]: 100000, Freq.  $\omega$  [Hz]: 60,  Use default fitting.
- Comment:** A text input field.
- Order:** 0, **Label:** A text input field with a right arrow button.
- Buttons:** OK, Cancel, Import, Export, Run ATP, View, Verify, Edit defin., Help.

	Conductor de fase	Conductor PR
Denominacion	ACAR 800 MCM	EHS
Diametro de cada hilo	3.73 mm	-
Diametro exterior	26.14 mm	11.11 mm
Seccion transversal total	404.31 mm <sup>2</sup>	70 mm <sup>2</sup>
Resistencia eléctrica DC 20°C	0.0765 Ω/km	1.2 Ω/km
Masa unitaria	1115 kg/km	-
Carga de rotura	9209 kg	-
Coefficiente de dilatación térmica	0.000023/°C	-
Modulo de elasticidad	6403 kgf/mm <sup>2</sup>	-
Nr de conductores	4	2

Coordenadas	X(m)	Y(m)	Flecha_max(m)
Fase A	-13.025	28.992	15.8
Fase B	0	30.092	
Fase C	13.025	28.992	
PR1	39.5	33.1	6.4
PR2	39.5	33.1	



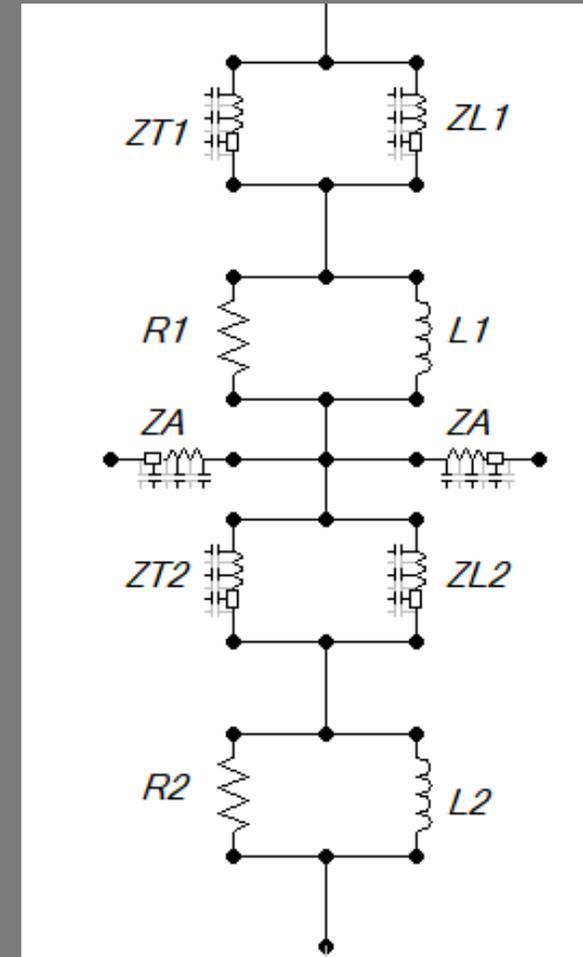
# Modelo de Torre

O comportamento da linha de transmissão depende muito fatores como a geometria da torre, forma de onda de corrente, PAT, impedância de surto da torre.

O cálculo da impedância de surto é muito importante e ainda mais quando tem possibilidade de ocorrência black flashover em a cadeia de isoladores.

Tem muitos modelos para o cálculo da impedância de surto :

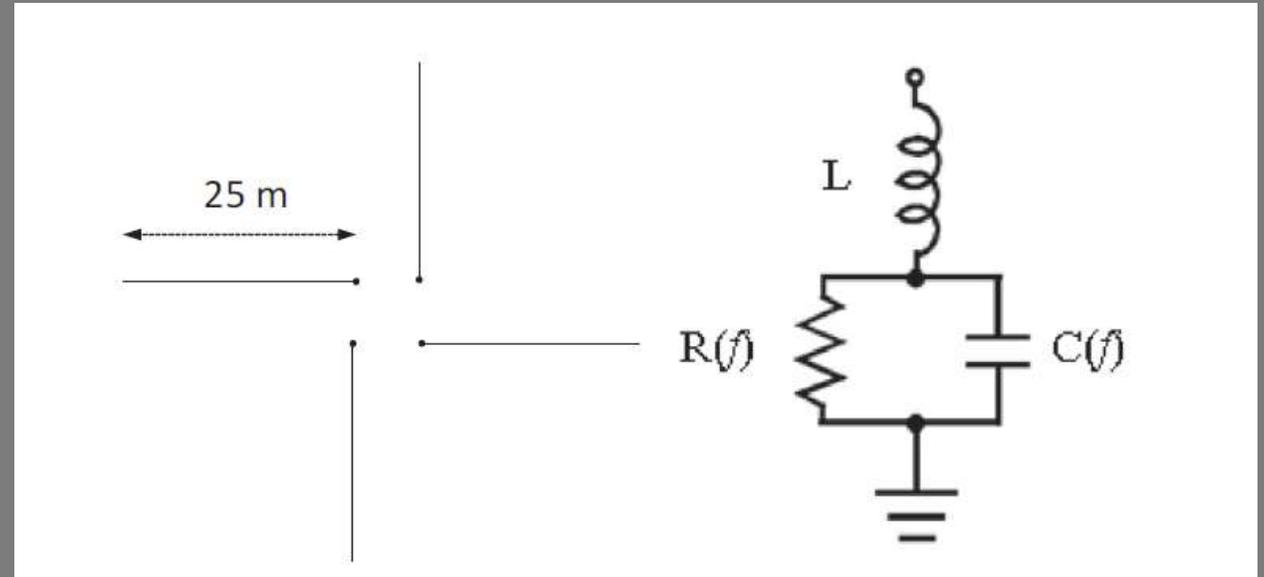
- Modelo aproximado por geometria simples
- Modelo multi-andares por Ishi.
- Modelo multi-andares por Hara.
- Modelo de efeito combinado.



Datos		Impedancia de sobretension(CIGRE)		Parametros		
r1(m)	3.44	ZT(ohm)	136.62	Parte 1	ZT1(ohm)	136.62
r2(m)	2.77				ZL1(ohm)	1229.59
r3(m)	5.98				R1(ohm)	3.09
h1(m)	21				L1(mH)	0.00
h2(m)	14.5			Brazos	ZA(ohm)	168.32
H(m)	35.5			Parte 2	ZT2(ohm)	136.62
Ravg(m)	3.86				ZL2(ohm)	1229.59
					R2(ohm)	27.40
					L2(mH)	0.01

# Modelo de PAT

Uma PAT tem efeito resistivos, indutivos e capacitivos, a representação de este circuito pode ser como se mostra na figura, mas para incluir o efeito da dependência dos parâmetros com a frequência é feito mediante um impedância impulsiva



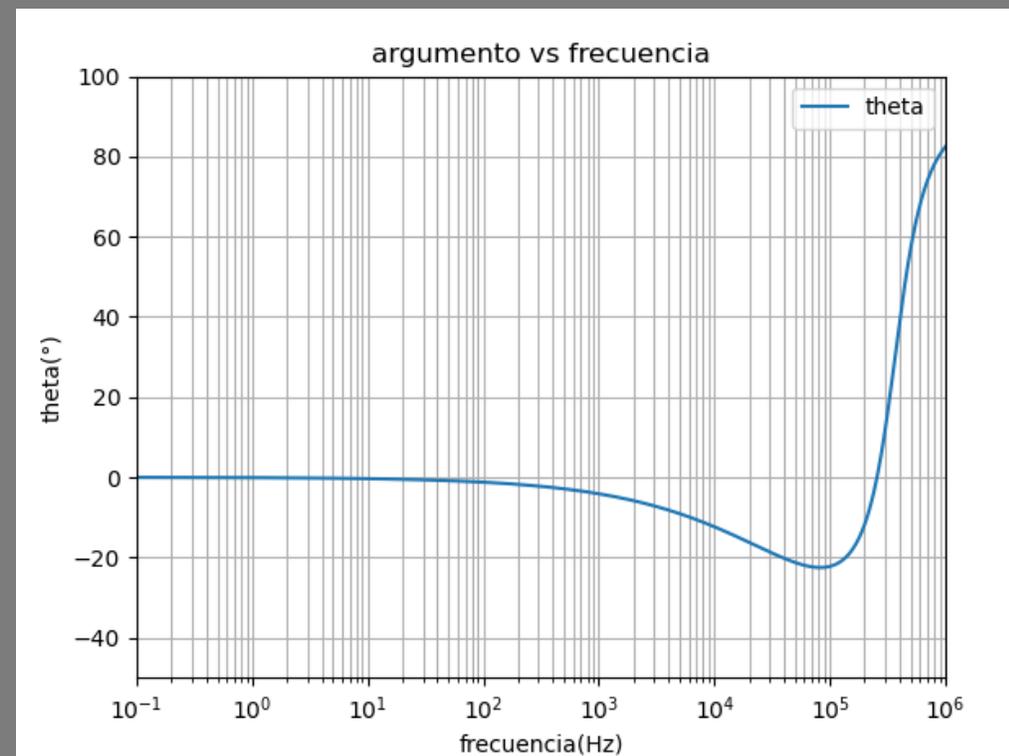
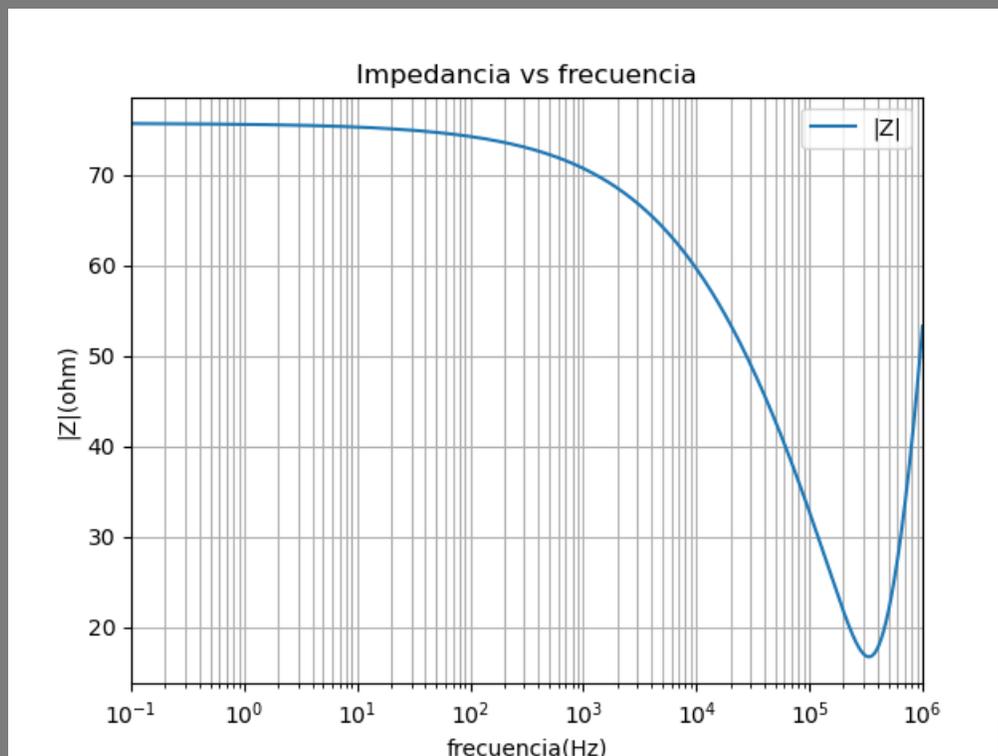
$$L = \frac{\mu_0 * d}{2 * \pi} * A2,$$

$$C = \frac{\pi * \varepsilon(f) * d}{A2},$$

$$A2 = \frac{1}{8} * \left( \ln\left(\frac{2 * d}{a}\right) + \ln\left(\frac{2 * d}{s}\right) + 2.912 - 1.071 * \frac{s}{d} + 0.645 * \frac{s^2}{d^2} - 0.145 * \frac{s^4}{d^4} \right),$$

$$\rho(f) = \frac{\rho_0}{1 + 4.7 * 10^{-6} * \rho_0^{0.73} * f^{0.54}},$$

$$\varepsilon(f) = 9.5 * 10^4 * \rho_0^{-0.27} * f^{-0.46} + 12,$$

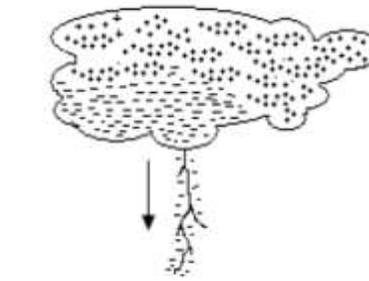


# Corrente de raio

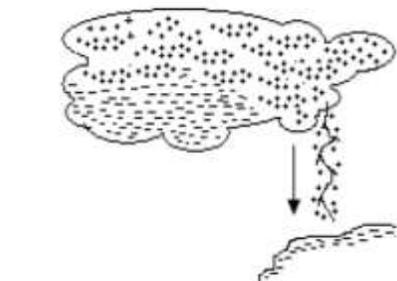
As descargas atmosféricas devem levar-se em conta no planejamento do sistema de energia e mais ainda em as linhas de transmissão, que são o equipamento mais exposto a estes fenômenos.

Temos 4 tipos:

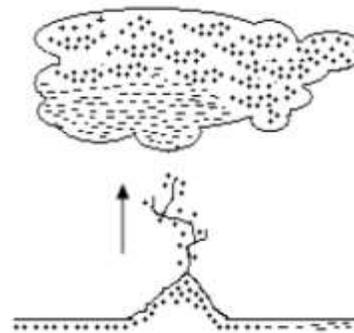
- Nuvem para solo
- No interior da nuvem
- Da nuvem a qualquer ponto da atmosfera
- Entre nuvens



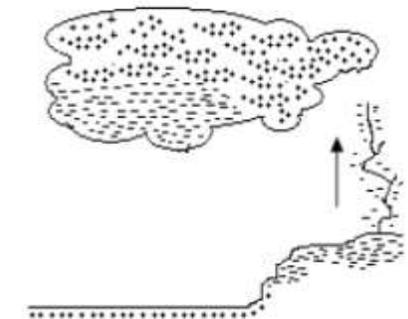
a) Descarga descendente negativa



b) Descarga descendente positiva



c) descarga ascendente negativa

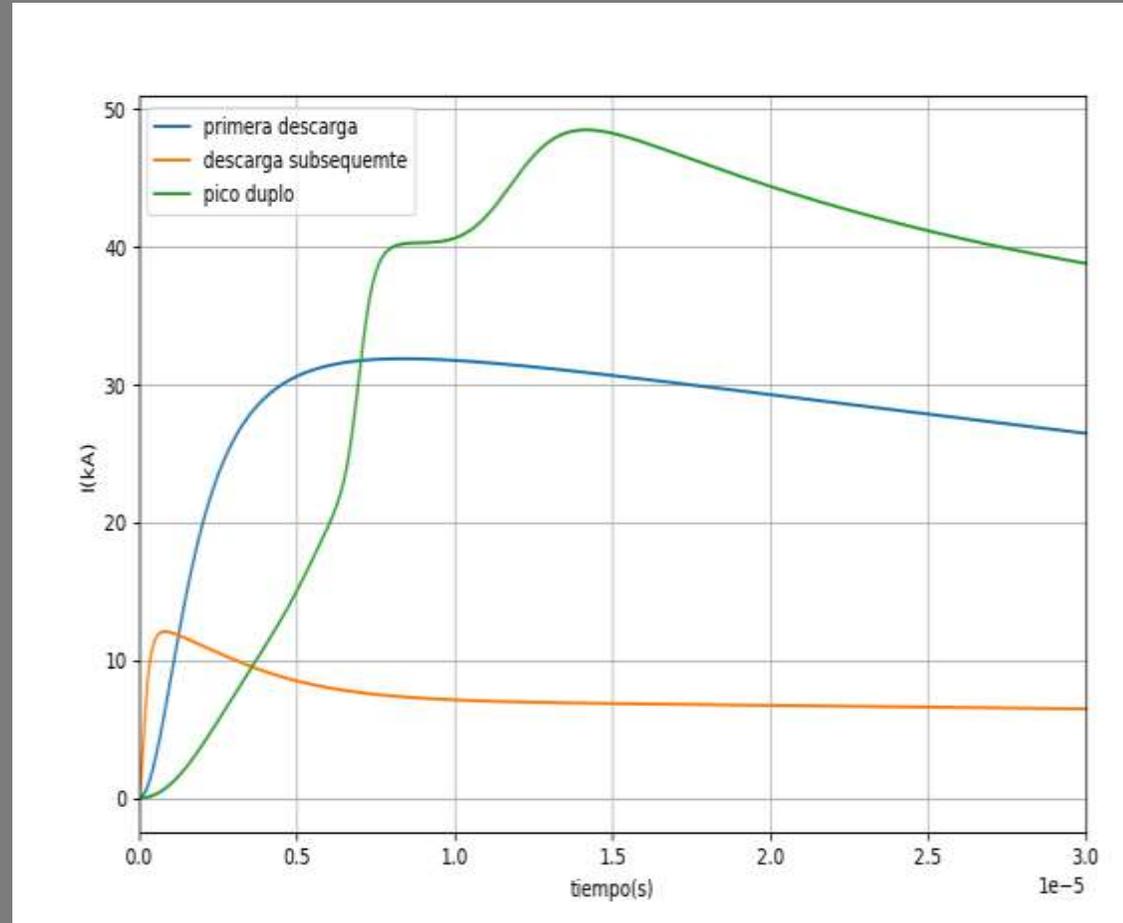


d) descarga ascendente positiva

Fonte: Adaptado de Ramos (2010).

Tem formas de representar a corrente de raio(Exponencial dupla, funciones de Heidler), mas a gente modelara com funciones de Heidler para uma primeira descarga

I(kA)	10	20	30	50	80
t1/t2(us)	1.8/95				



# Descarregador IEEE

Para seleção do descarregador, consideramos um sistema efectivamente aterrado para o cálculo da tensão nominal do descarregador e depois mediante iteração calculamos os parâmetros certos.

Dados requeridos:

$d=4.890$  m, comprimento do descarregador

$n=1$ , descarregadores em paralelo

Elementos de parâmetros concentrados

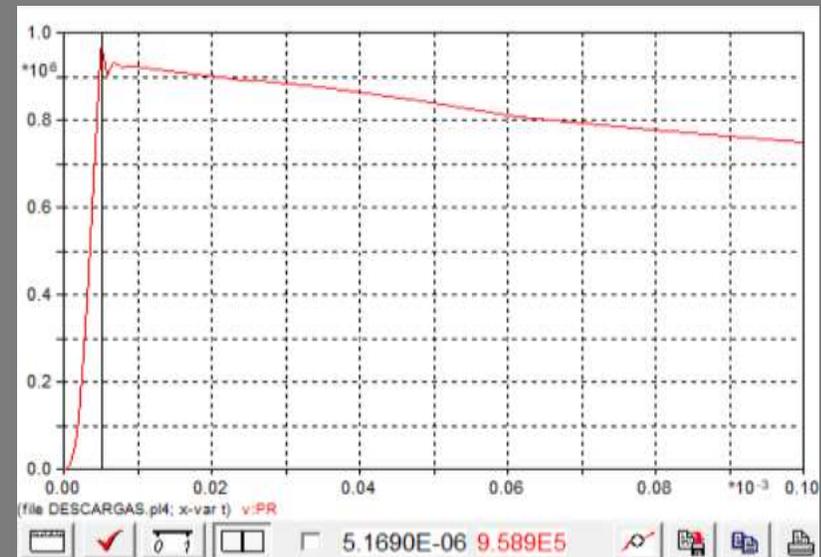
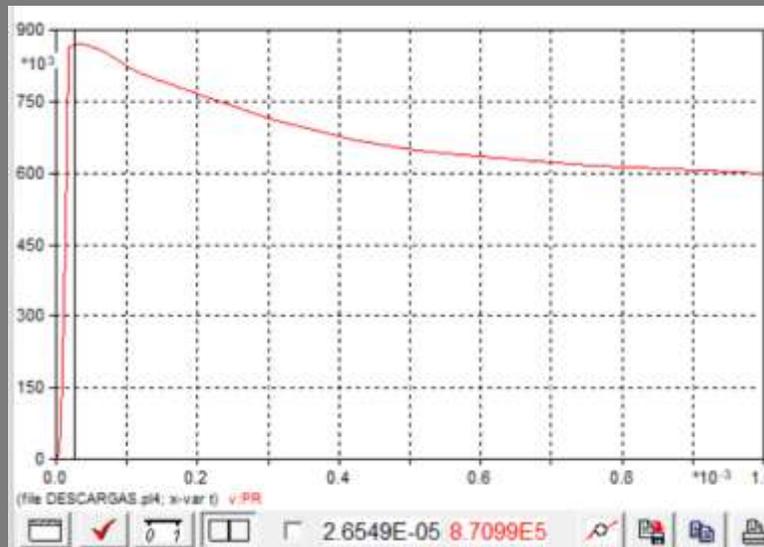
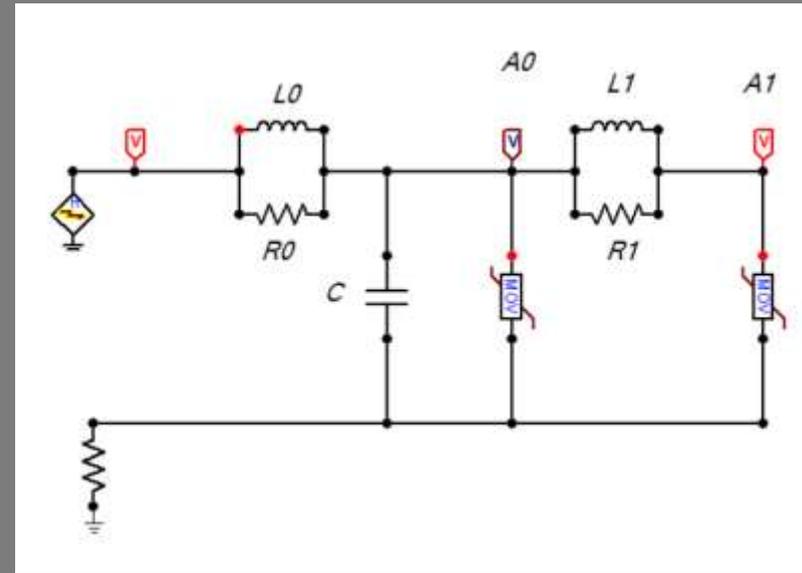
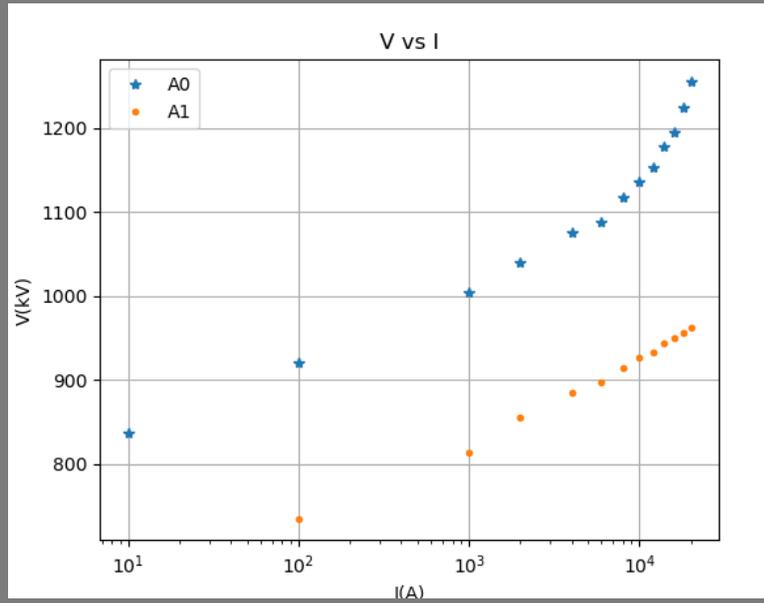
$L1=15d/n$  uH

$R1=65d/n$  ohm

$L0=100d/n$  uH

$C=100n/d$  Pf

Tensión máxima de red	Tensión nominal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente						
		según IEC	según ANSI/IEEE	1 s	10 s	30/60 µs			8/20 µs			
						1 kA	2 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
$U_m$ kV <sub>rms</sub>	$U_r$ kV <sub>rms</sub>	$U_c$ kV <sub>rms</sub>	MCOV kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>rms</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>	kV <sub>pico</sub>
245	180 192 228	144 154 156	144 154 180	208 222 264	198 211 250	351 375 445	364 388 461	373 398 473	390 415 493	410 437 519	449 479 568	492 525 623
300	228 240 264	182 191 191	182 191 212	264 278 306	250 264 290	445 468 515	461 485 534	473 497 547	493 519 571	519 546 601	568 598 658	623 656 721
362	258 264 276	206 211 221	209 212 221	299 306 320	283 290 303	504 515 539	522 534 558	535 547 572	558 571 597	587 601 628	643 658 688	705 721 754
380	288	230	230	334	316	562	582	597	623	656	718	787
400	300	240	240	348	330	585	607	622	649	683	748	819
420	330 360 390	264 267 267	267 291 315	382 417 452	363 396 429	644 702 761	667 728 788	684 746 808	714 779 843	751 819 888	823 897 972	901 963 1070
550	396 420 444	317 336 349	318 336 353	459 487 515	435 462 488	773 819 866	800 849 897	820 870 920	856 908 960	901 956 1015	987 1051 1111	1086 1152 1217



04

## Resultados

Os resultados foi feito para o circuito mostrado anteriormente com o modelagem dos componentes envolvidos no fenômeno.

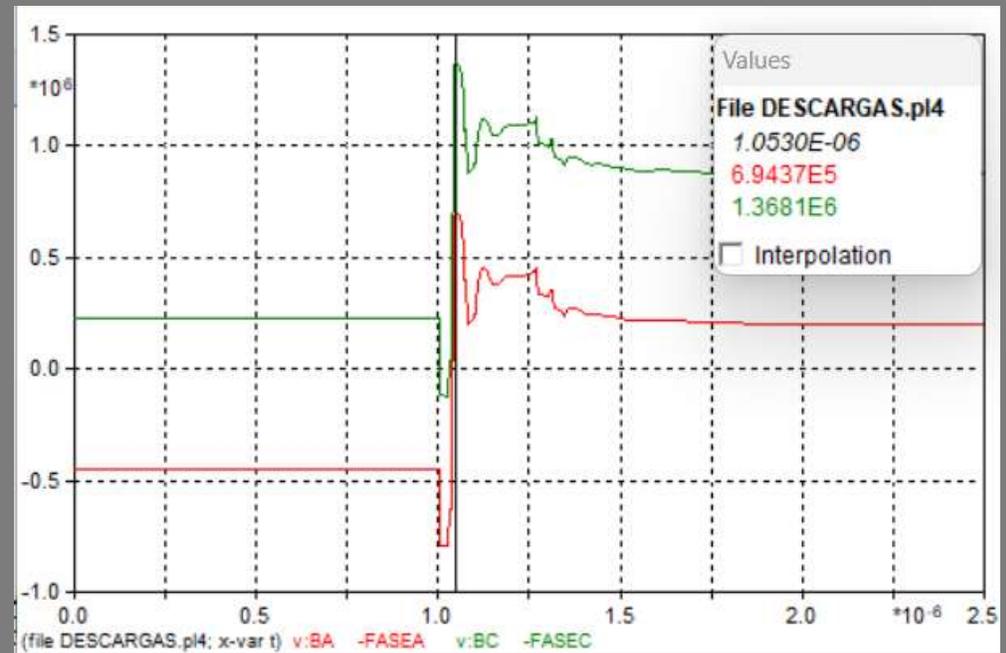


# Sim descarregador

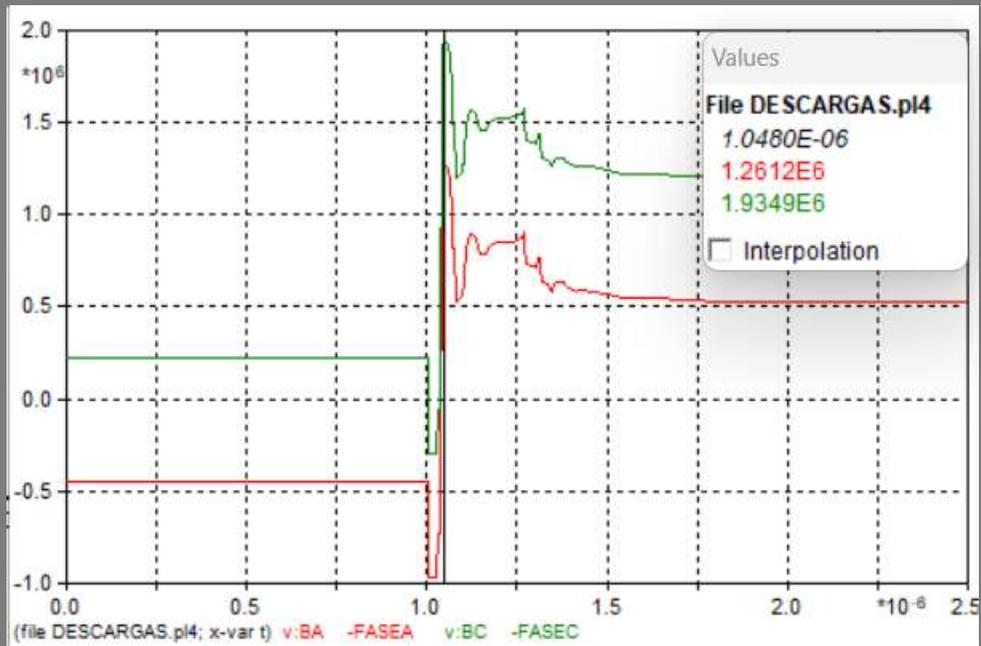
I=10kA



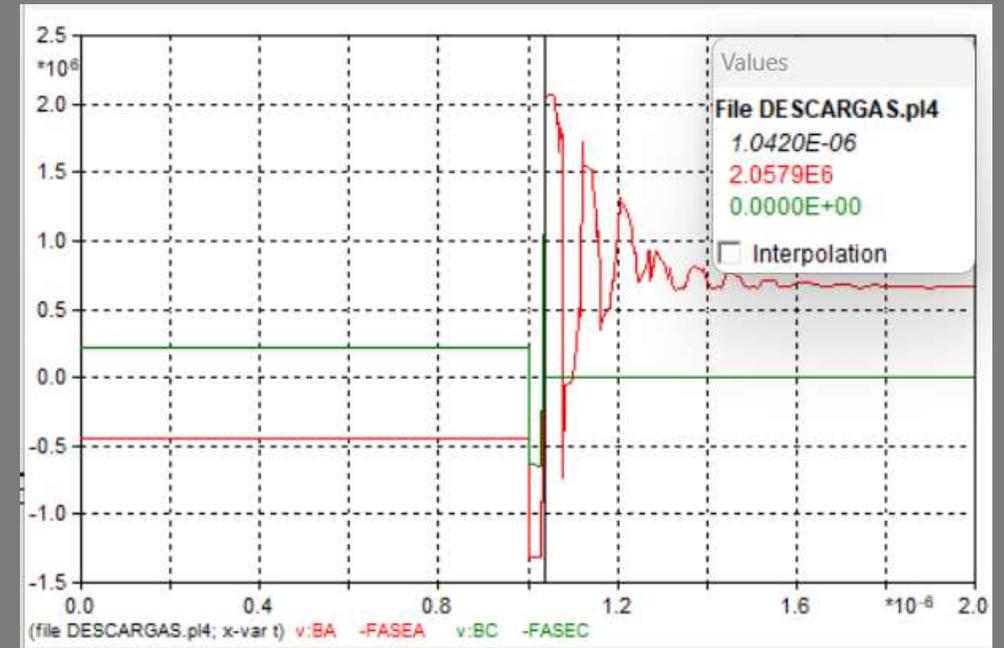
I=20kA



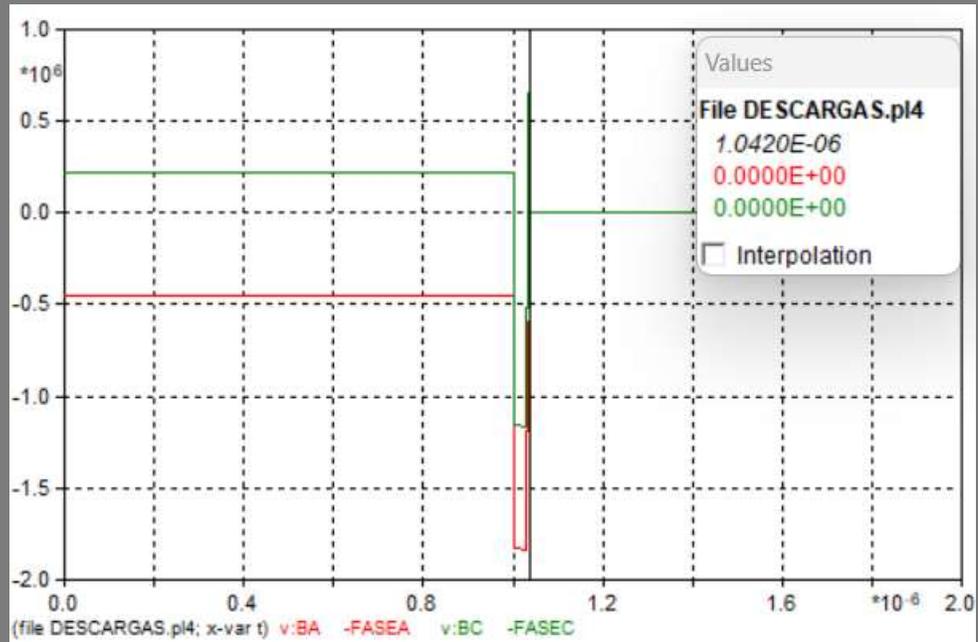
I=30kA



I=50kA

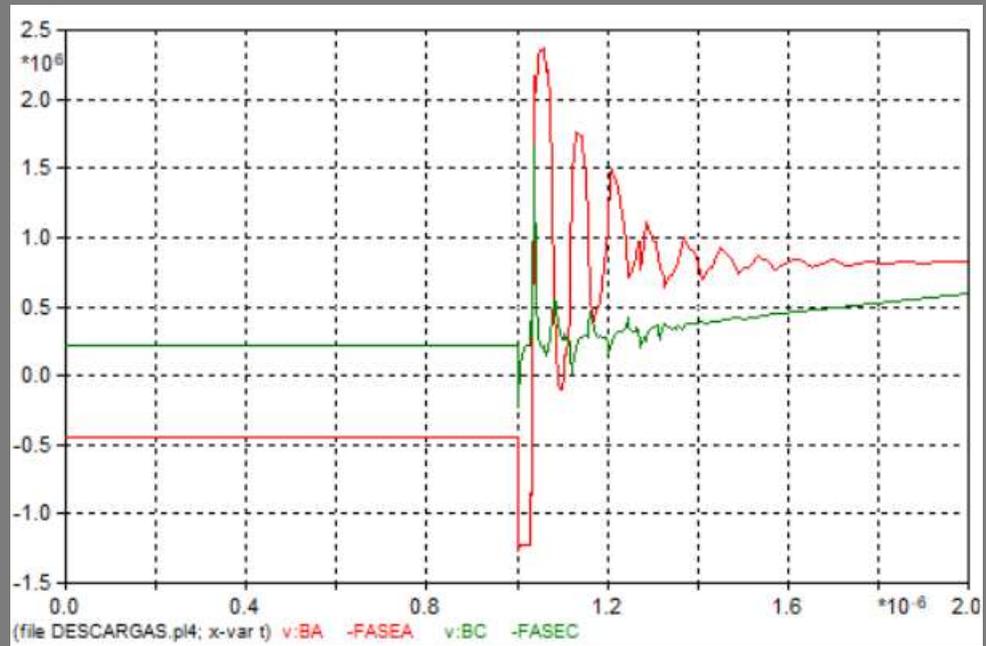


I=80kA

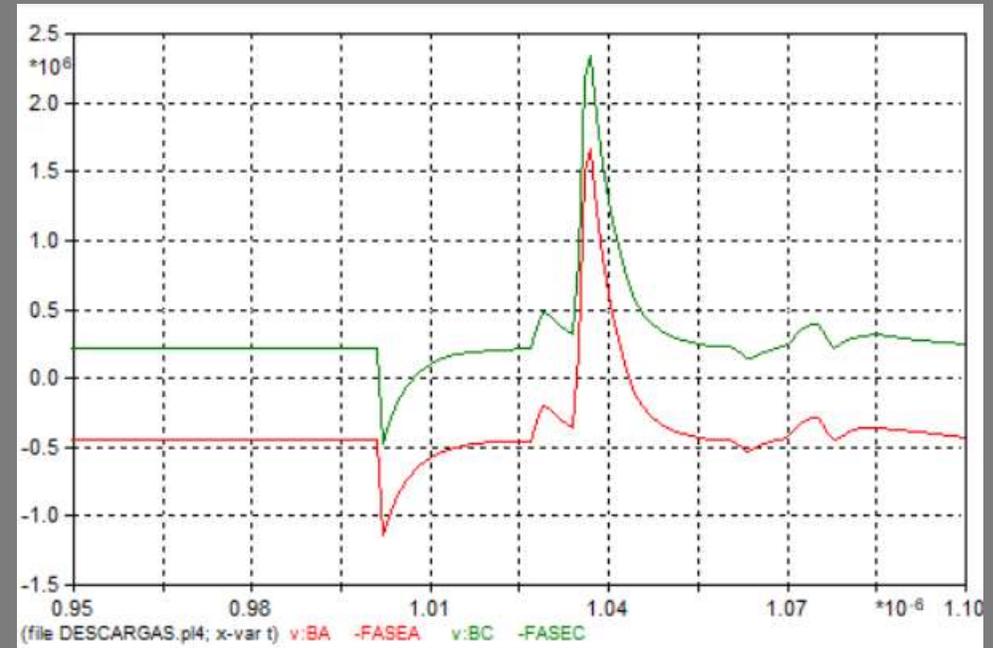


# Com descarregador

I=50kA



I=80kA



# Referencias

- Analyzing and Modeling the Lightning Transient Effects of 400 KV Single Circuit Transmission Lines
- 2015\_IEEE\_Jihong\_Component\_model\_effect\_on\_fast-front\_overvoltages\_in\_Gas\_Insulated\_Substations
- Uma proposta de representação de torres de linhas de transmissão diretamente no domínio do tempo
- Modelagem de aterramento elétrico para análise de transitórios
- Response\_of\_Grounding\_Electrodes\_to\_Impulsive\_Currents\_An\_Experimental\_Evaluation
- Modeling-of-metal-oxide-surge-arresters-1992
- Surge Arrester Buyers Guide Ed5 (spanish)
- Schroeder\_Impact\_of\_different\_frequency\_dependent\_soil\_model

