

Código IT002 - SOBRETENSÕES EM SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA

Aula

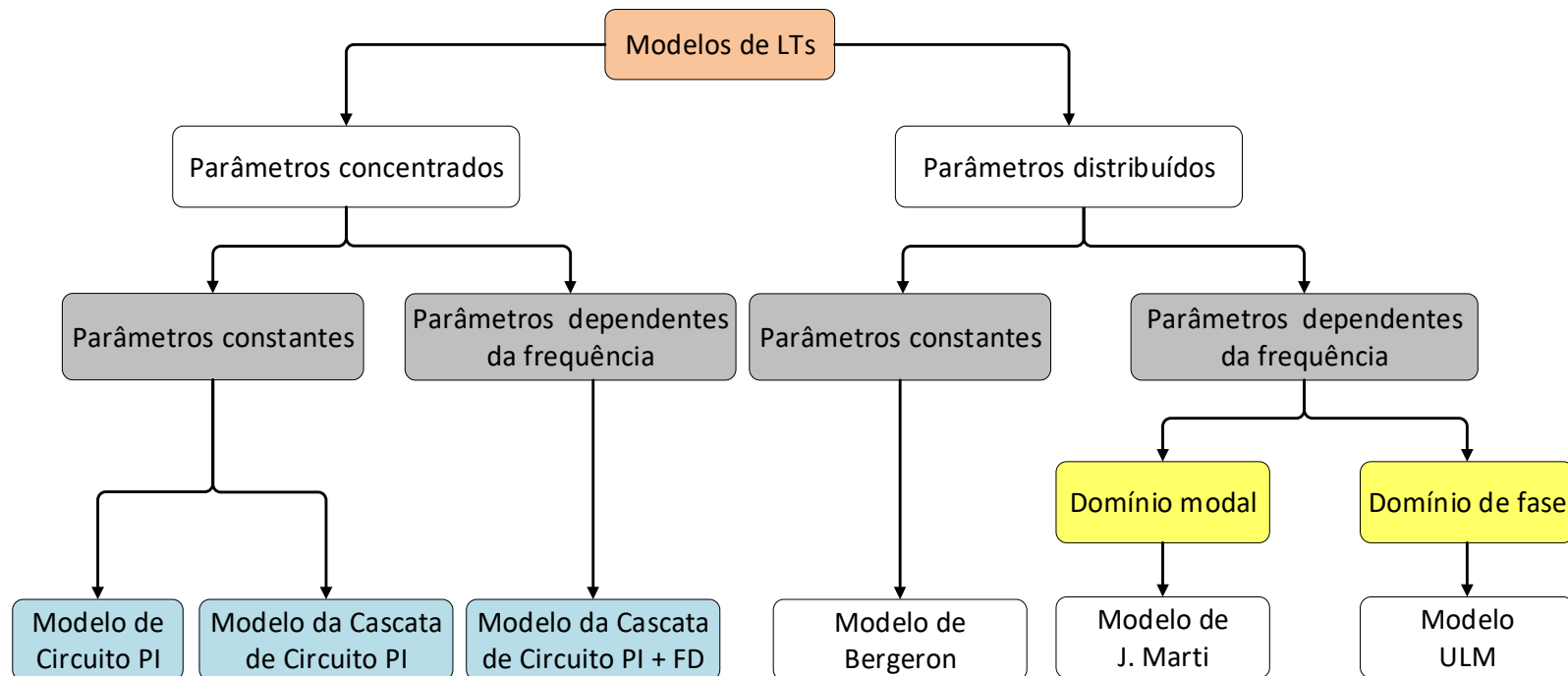
**Representação e Simulação de Modelos de Linhas de Transmissão no
ATP/ATPDraw**

Prof. Dr. José Pissolato Filho
Dr. Jaimis Sajid Leon Colqui

Campinas, 07 de Outubro de 2022

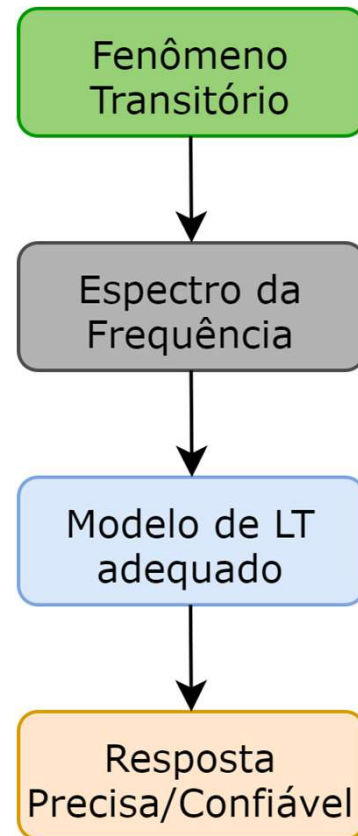
Modelos Existentes de Linhas de Transmissão

- Os modelos de LT, dependendo da precisão requerida podem ser classificados a parâmetros elétricos **concentrados** ou **distribuídos**, também podem ser classificados como **parâmetros constantes** ou **dependentes da frequência**.



Modelos Existentes de Linhas de Transmissão

❖ Qual é o modelo de LT a usar?



Fenômenos de TEM

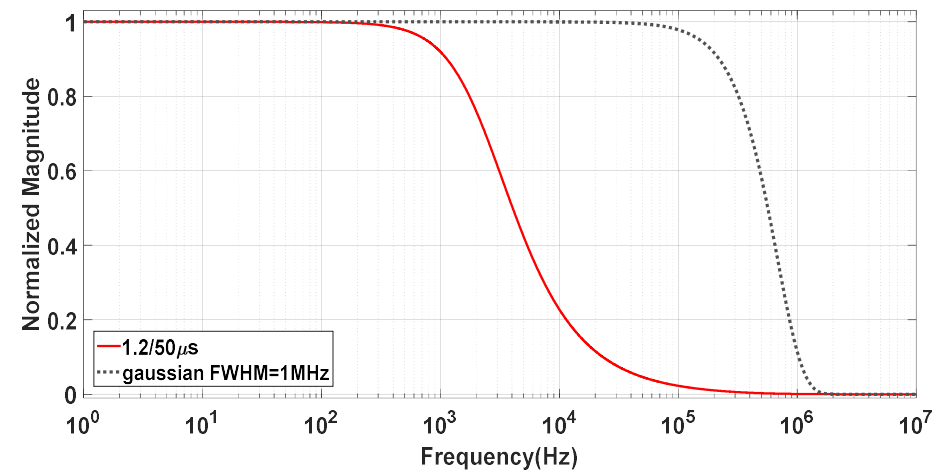
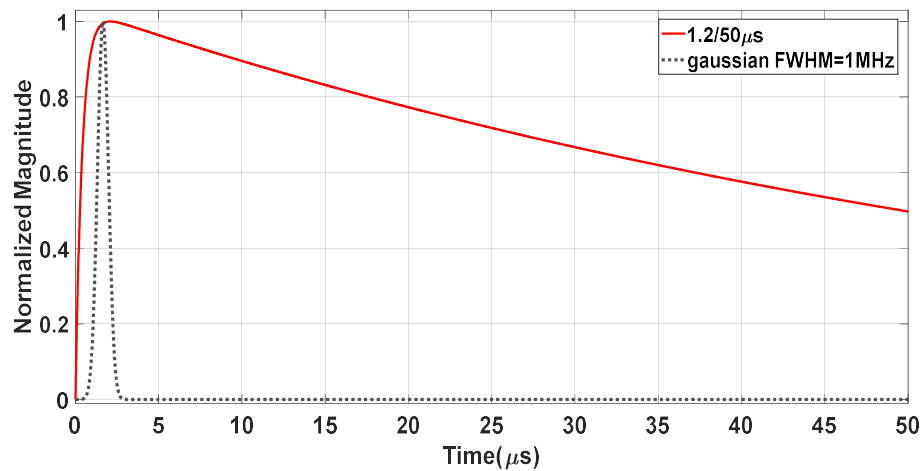
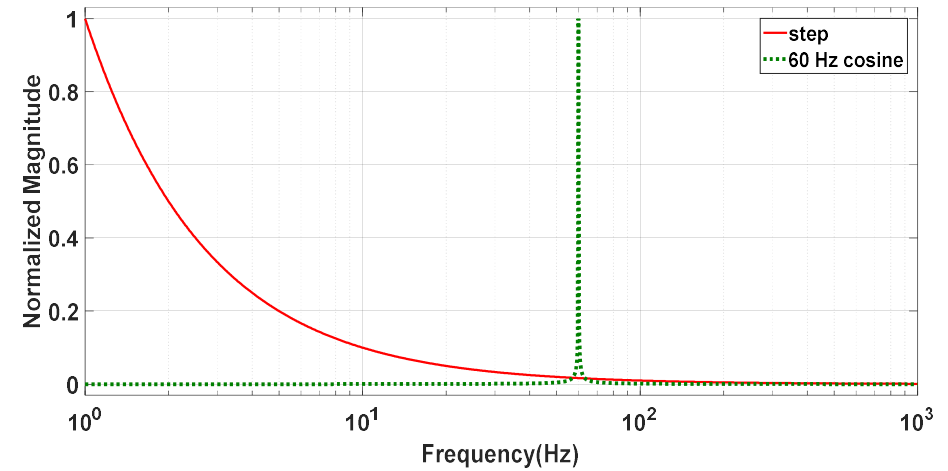
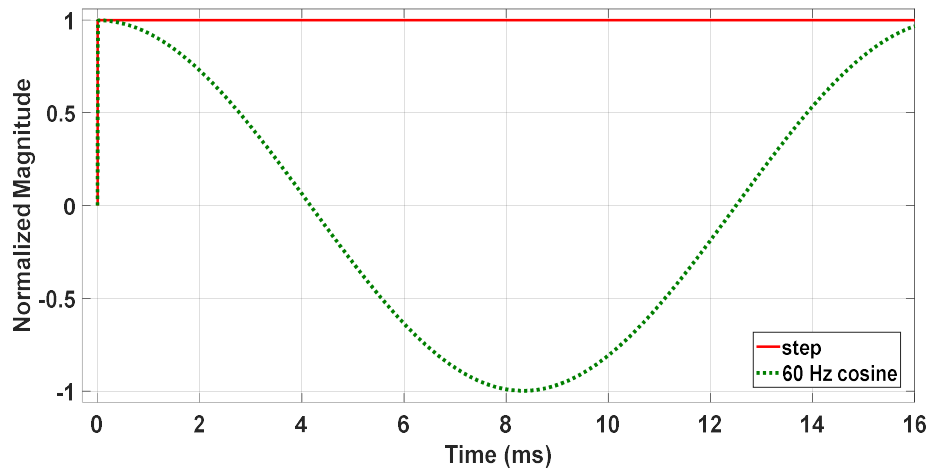
❖ Faixas de frequências dos principais fenômenos transitórios

Tipo de Fenômeno	Faixa de Frequências
Energização de transformadores	0,1 Hz –1 kHz
Ressonância ferromagnética	0,1 Hz –1 kHz
Rejeição de carga	0,1 Hz –1 kHz
Eliminação de falta	50/60 Hz –3 kHz
Energização de linhas de transmissão	50/60 Hz –20 kHz
Faltas em linhas de transmissão	50/60 Hz –20 kHz
Faltas em subestações	10 kHz –3 MHz
Descargas atmosféricas	10 kHz–3 MHz
Manobras em subestações isoladas à gás (SF6)	100 kHz–50 MHz

Tabela do Cigre

Fenômenos de TEM

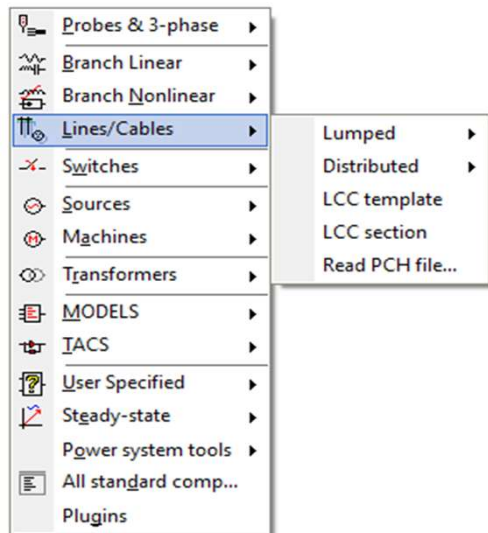
❖ Alguns espectros de frequência dos fenômenos TEMs.



ATP/ATPDraw

❖ Modelos de LTs em ATPDraw

ATP Draw



Lumped: Modelo PI

Distributed: Modelo Bergeron

LCC template: Todos os Modelos



ATP/ATPDraw

❖ Modelos de LTs em ATPDraw

Modelo a parámetros concentrados

Modelo de LT tipo RLC



Component: LINEPL_3

Attributes

DATA	UNIT	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R11	Ohm/m	10	IN1	1	
R21	Ohm/m	10			
R22	Ohm/m	10			
R31	Ohm/m	10			
R32	Ohm/m	10			
R33	Ohm/m	10			
L11	Ohm/m	0.0001			
L21	Ohm/m	0.0001			

Order: 0 Label:

Comment:

Lines: Length 1 [m] Hide \$Vintage.1

Edit definitions OK Cancel Help

Modelo de LT tipo RL



Component: LINERL_3

Attributes

DATA	UNIT	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R11	Ohm/m	10	IN1	1	
R12	Ohm/m	0			
R22	Ohm/m	10			
R13	Ohm/m	0			
R23	Ohm/m	0			
R33	Ohm/m	10			
L11	Ohm/m	1			
L12	Ohm/m	1			

Order: 0 Label:

Comment:

Lines: Length 1 [m] Hide \$Vintage.1

Edit definitions OK Cancel Help

- Probes & 3-phase
- Branch Linear
- Branch Nonlinear
- Lines/Cables
 - Lumped
 - RLC Pi-equiv. 1..
 - RL_Coupled 51..
 - Distributed
 - LCC template
 - LCC section
 - Read PCH file...
- Switches
- Sources
- Machines
- Transformers
- MODELS
- IACS
- User Specified
- Steady-state
- Power system tools
- All standard comp...
- Plugins

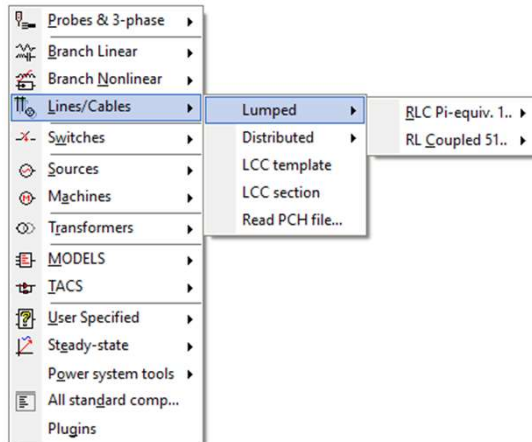
Sin transposición

ATP/ATPDraw

❖ Modelos de LTs em ATPDraw

Modelo a parâmetros concentrados

Modelo de LT tipo RLC



Component: LINEPI33

DATA	UNIT	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R0	Ohm/m	1	In	1	
L0	Ohm/m	1	Out	1	
C0	$\mu\text{F}/\text{m}$	1			
R+	Ohm/m	1			
L+	Ohm/m	1			
C+	$\mu\text{F}/\text{m}$	1			

Order: 0 Label:

Comment:

Lines Length: 1 [m] Hide \$Vintage,1

Edit definitions OK Cancel Help

Modelo de LT tipo RL



Component: LINESY_3

DATA	UNIT	VALUE	NODE	PHASE	NAME
Ro	Ohm/m	2	IN1	1	
Lo	Ohm/m	1.5	OUT1	1	
R+	Ohm/m	1			
L+	Ohm/m	1			

Order: 0 Label:

Comment:

Lines Length: 1 [m] Hide \$Vintage,1

Edit definitions OK Cancel Help

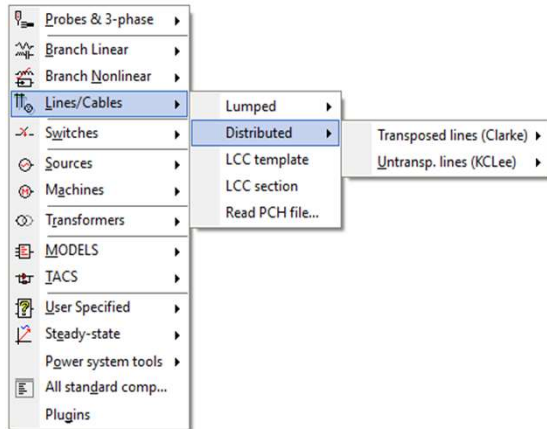
Com transposição

ATP/ATPDraw

❖ Modelos de LTs em ATPDraw

Modelo a parâmetros distribuídos

Com transposição



Component: LINEZT_3

DATA	UNIT	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R/I+	Ohm/m	0	IN1	1	
R/I0	Ohm/m	0	OUT1	1	
Z+		500			
Z0		500			
v+		300000000			
v0		300000000			

Length: 500 [m]
Output: No
ILINE: L', C' Z, v Z, tau
Conductance: G=0 G=R'C/L
Hide \$Vintage,1

Sem transposição



Component: LINEZU_3

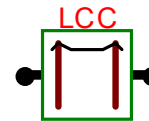
DATA	UNIT	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R/I+	Ohm/m	0	IN1	1	
R/I0	Ohm/m	0	OUT1	1	
L'+		0			
L'0		0			
C'+		0			
C'0		0			

Length: 1 [m]
Output: No
ILINE: L', C' Z, v Z, tau
Conductance: G=0 G=R'C/L
Hide \$Vintage,1

ATP/ATPDraw

❖ Modelos de LTs em ATPDraw

Modelos em geral



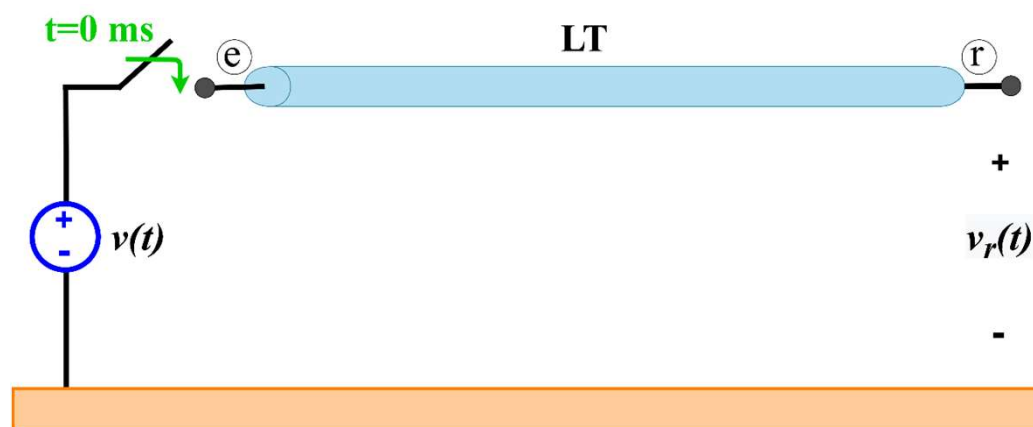
The screenshot displays the ATPDraw software interface. On the left, the 'Lines/Cables' menu is open, showing options like 'Lumped', 'Distributed', and 'LCC template'. The 'LCC template' option is selected. In the center, the 'Line/Cable Data' dialog box is open, showing various parameters for the line model. The 'System type' is set to 'Overhead Line', and the number of phases is set to 3. The 'Model Type' is set to 'Bergeron'. On the right, another 'Line/Cable Data' window is open, showing a table with the following data:

#	Ph.no.	React [ohm/km AC]	Rout [cm]	Resis [ohm/km AC]	Horiz [m]	Vtower [m]	Vmid [m]
1	1	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0	0	0
3	3	0	0	0	0	0	0

ATP/ATPDraw

- ❖ Exemplo 1: Modelo de **Circuito PI e Bergeron**, para uma LT monofásica em ATPDraw.

Energização de uma LT com circuito aberto no receptor



Dado da fonte

$$v(t) = 100 \text{ kV}$$

Dados da LT

$$R' = 0.6159 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$L' = 2.4 \text{ mH/km}$$

$$C' = 14.5 \text{ nF/km}$$

$$d = 100 \text{ km}$$

Dados da simulação

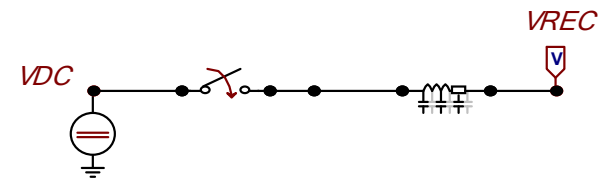
$$\Delta T = 1 \text{ } \mu\text{s}$$

$$T = 10 \text{ ms}$$

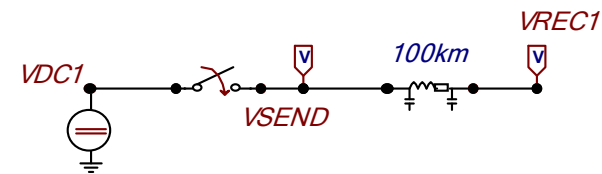
ATP/ATPDraw

❖ Exemplo 1: Modelo de **Circuito PI e Bergeron** para uma LT monofásica em ATPDraw.

Energização de uma LT com circuito aberto no receptor

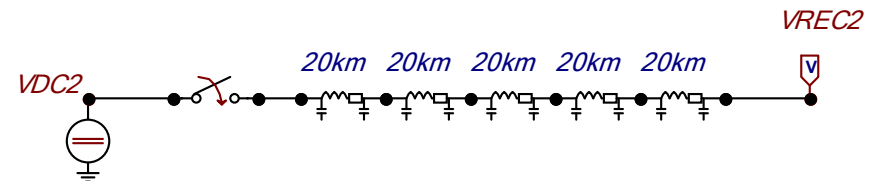


❑ Modelo 1: Modelo de Bergeron

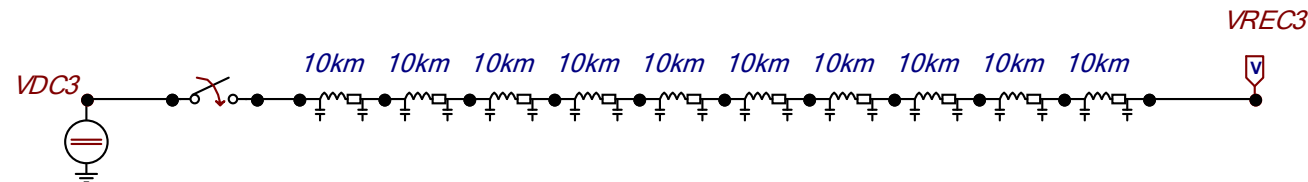


❑ Modelo 2: Modelo de 1 circuito PI

❑ Modelo 3: Modelo da cascata de 5 circuitos PIs.



❑ Modelo 4: Modelo da cascata de 10 circuitos PIs.

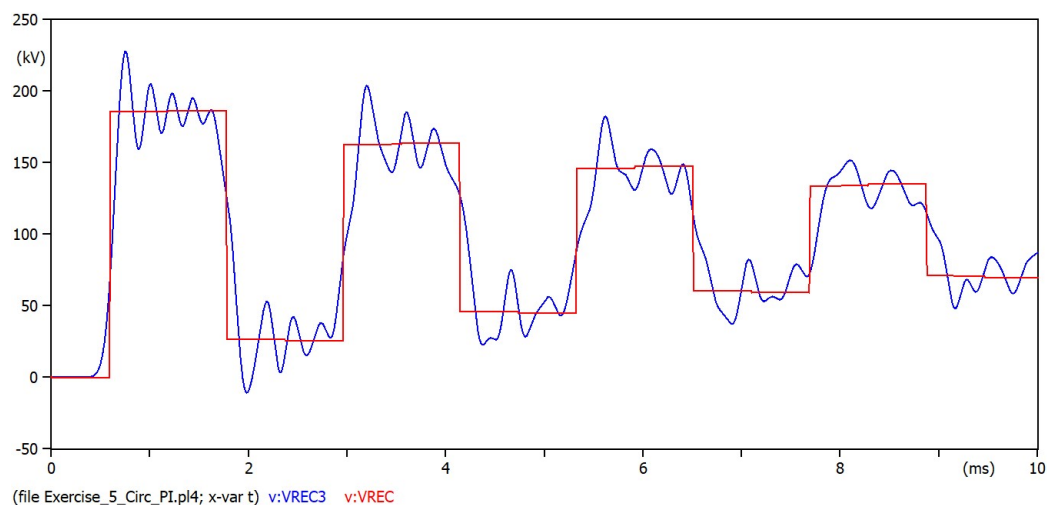


ATP/ATPDraw

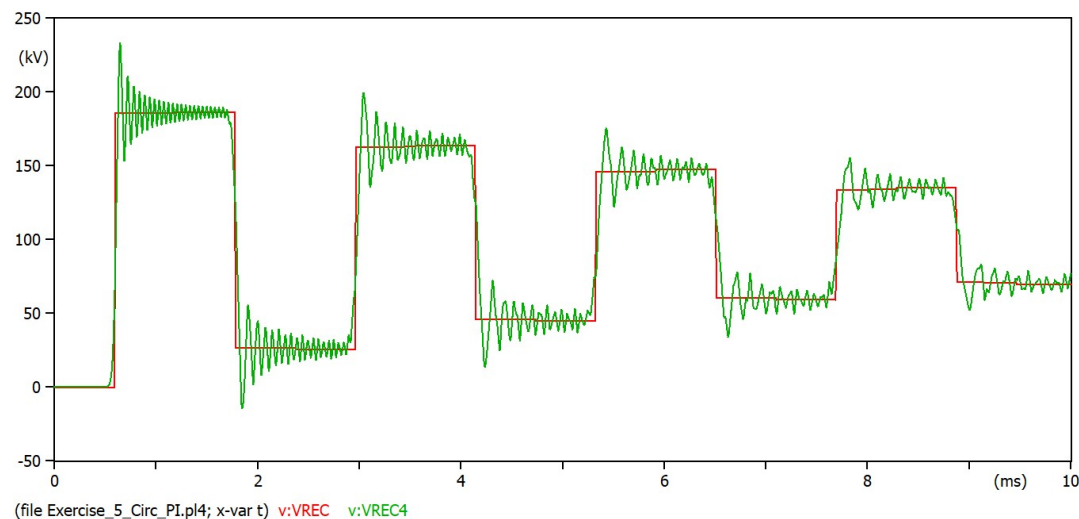
❖ Exemplo 1: Modelo de **Circuito PI e Bergeron**, para uma LT monofásica em ATPDraw.

Respostas de tensão transitórias

Modelos Distribuído e 10 PIs



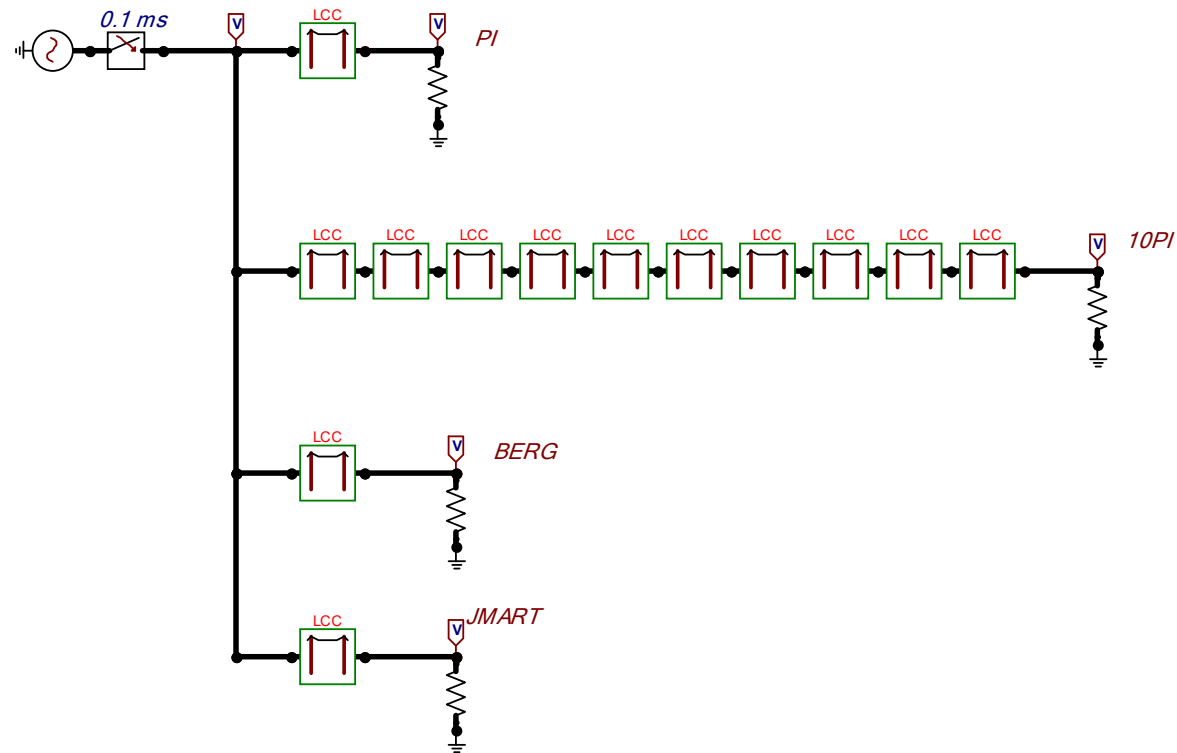
Modelos Distribuídos e 100 PIs



Ao incrementar o número de circuitos PI para representar a linha de transmissão, as respostas do modelo de parâmetros concentrados ficam próximas do modelo de parâmetros distribuídos.

ATP/ATPDraw

- ❖ Exemplo 2: Modelo de **Circuito PI, Bergeron e Jmartí** para uma LT trifásica em ATPDraw.



ATP/ATPDraw

❖ Exemplo 2: Modelo de **Circuito PI, Bergeron e Jmarti** para uma LT trifásica em ATPDraw.

