

**Código IT002 - SOBRETENSÕES EM SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA**

**Aula**

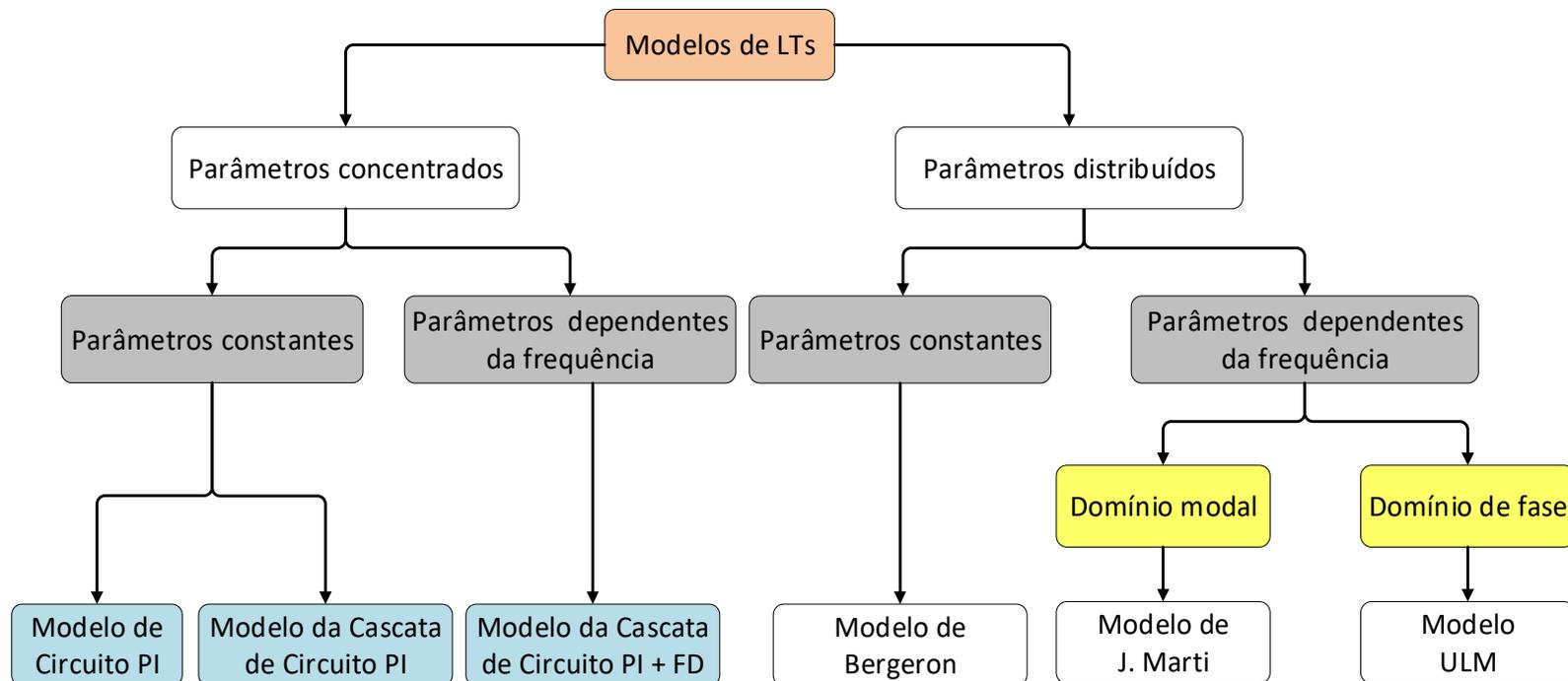
**Representação e Simulação de Modelos de Linhas de Transmissão no  
ATP/ATPDraw**

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

Campinas, 07 de Outubro de 2022

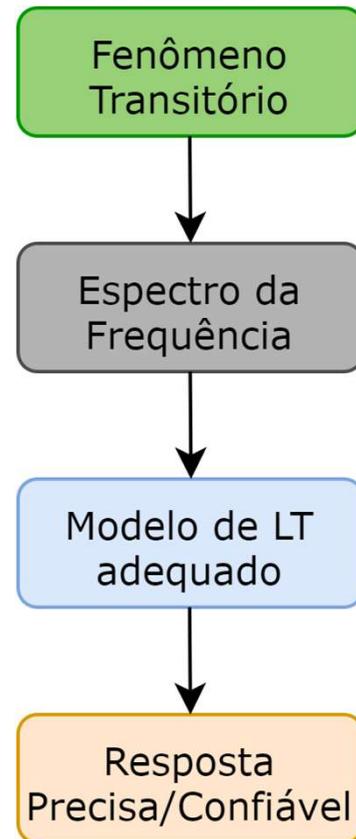
# Modelos Existentes de Linhas de Transmissão

- 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

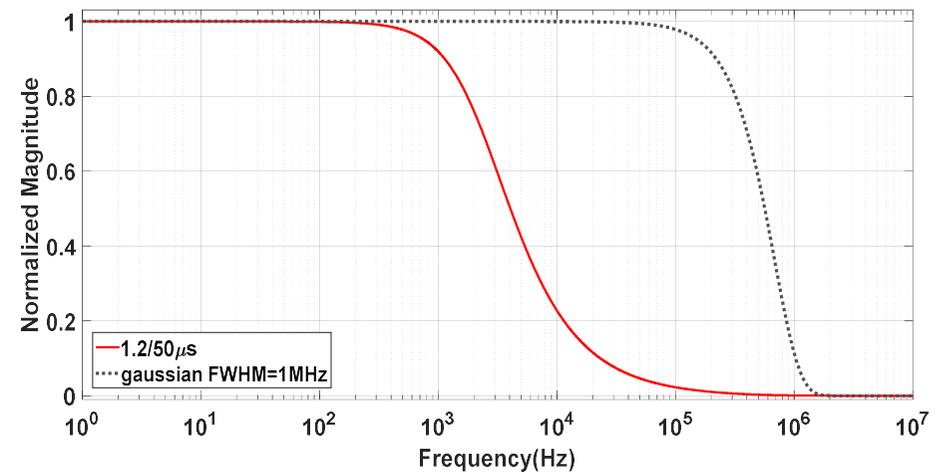
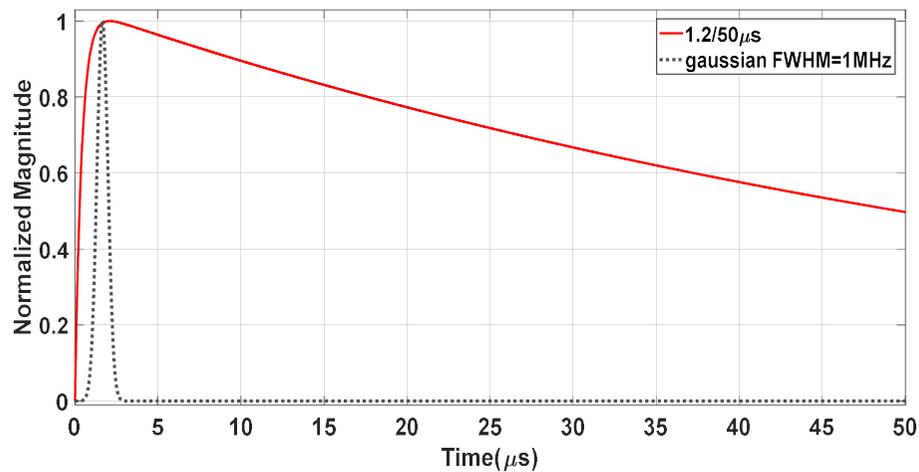
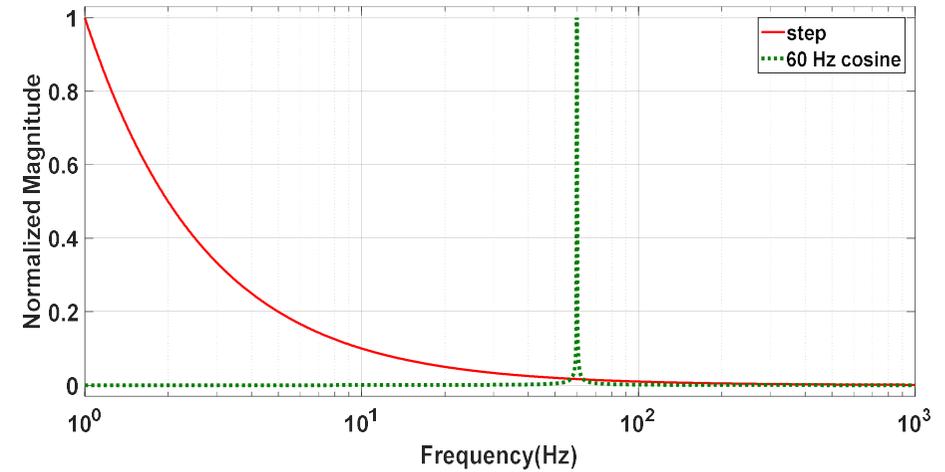
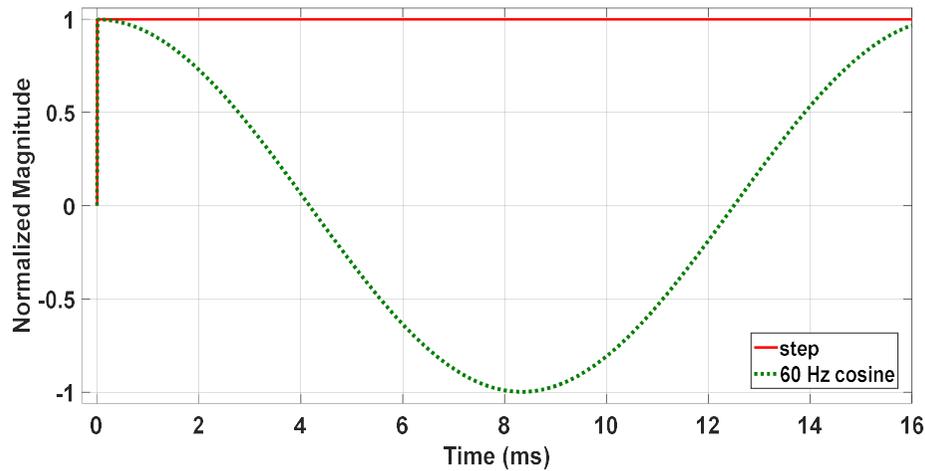
## ❖ Faixas de frequências dos principais fenômenos transitórios

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

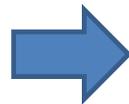
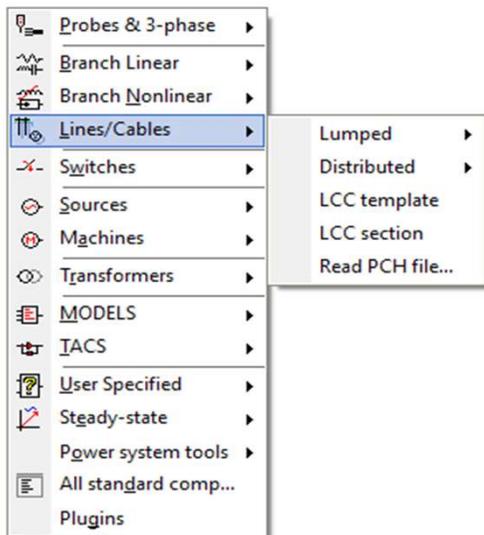
❖ Alguns espectros de frequência dos fenômenos TEMs.



# 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

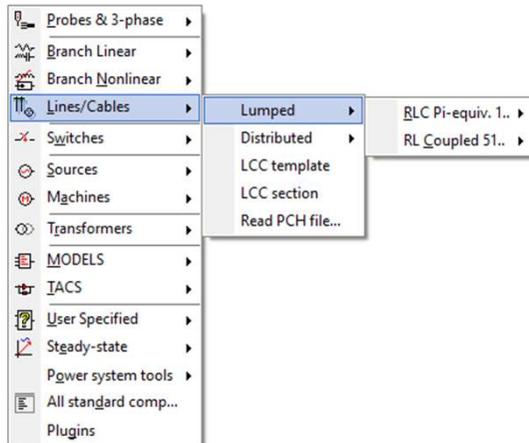
## ❖ Modelos de LTs em ATPDraw

### Modelo a parâmetros concentrados

#### Modelo de LT tipo RLC



#### Modelo de LT tipo RL



Component: LINEPI33

Attributes

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			

Copy Paste Reset Order: 0 Label:

Comment:

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

Edit definitions OK Cancel Help

Component: LINESY\_3

Attributes

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			

Copy Paste Reset Order: 0 Label:

Comment:

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

Edit definitions OK Cancel Help

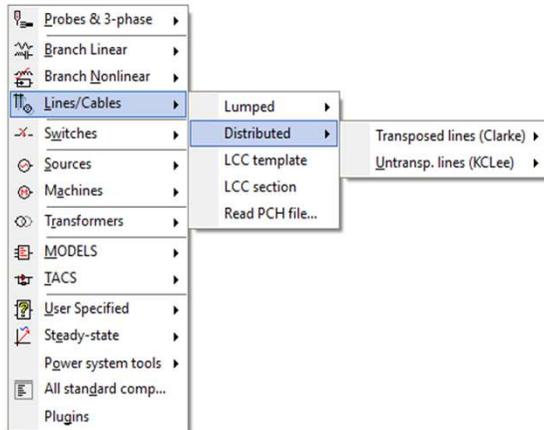
Com transposição

# ATP/ATPDraw

## ❖ Modelos de LTs em ATPDraw

### Modelo a parâmetros distribuídos

Com transposição



Component: LINEZT\_3

DATA	UNIT	VALUE	NODE	PHASE	NAME
R/+	Ohm/m	0	IN1	1	
R/0	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

Buttons: Edit definitions, OK, Cancel, Help

Sem transposição



Component: LINEZU\_3

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

Length: 1 [m]  
Output: No

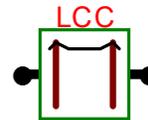
ILINE:  L', C'  Z, v  Z, tau  
Conductance:  G=0  G=R'C/L

Buttons: Edit definitions, OK, Cancel, Help

# ATP/ATPDraw

## ❖ Modelos de LTs em ATPDraw

### Modelos em geral



Line/Cable Data

Model Data Nodes

System type

Name:   Template

Overhead Line  #Ph: 3

Transposed

Auto bundling

Skin effect

Segmented ground

Real trans. matrix

Standard data

Rho [ohm\*m]

Freq. in [Hz]

Length [km]

Set length in icon

Units

Metric

English

Model

Type

Bergeron

PI

JMarti

Semlyen

Noda

Comment:  Order: 0 Label:   Hide

OK Cancel Import Export Run ATP View Verify Edit defin. Help

Line/Cable Data

Model Data Nodes

#	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

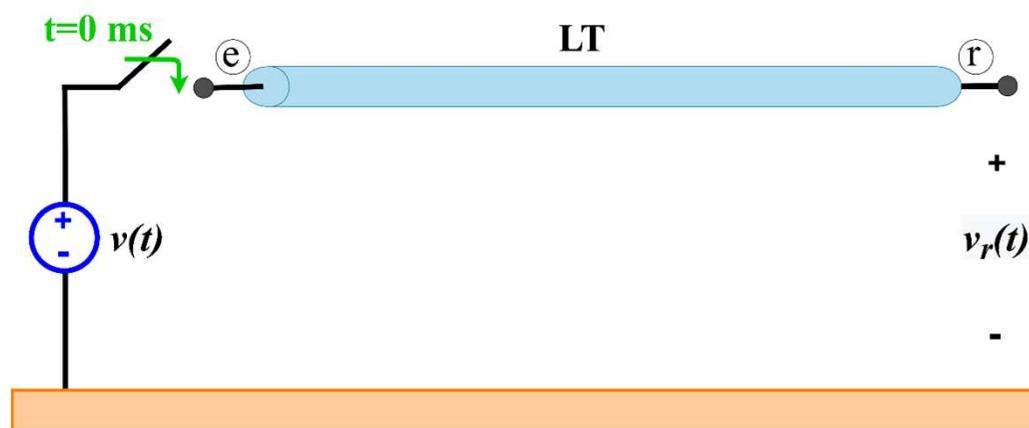
Add row Delete last row Insert row copy Move

OK Cancel Import Export Run ATP View Verify Edit defin. Help

# 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**

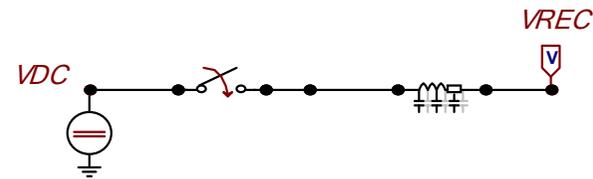
$$\Delta T = 1 \text{ } \mu\text{s}$$

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

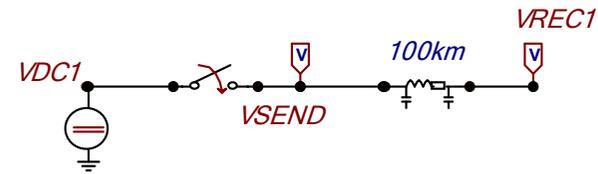
# ATP/ATPDraw

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

## Energização de uma LT com circuito aberto no receptor

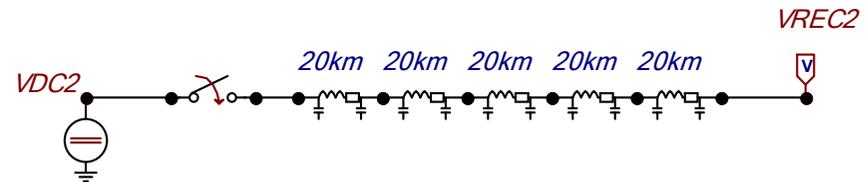


❑ Modelo 1: Modelo de Bergeron

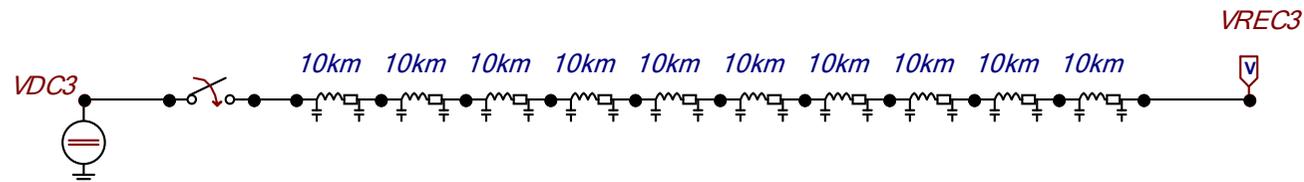


❑ Modelo 2: Modelo de 1 circuito PI

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



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

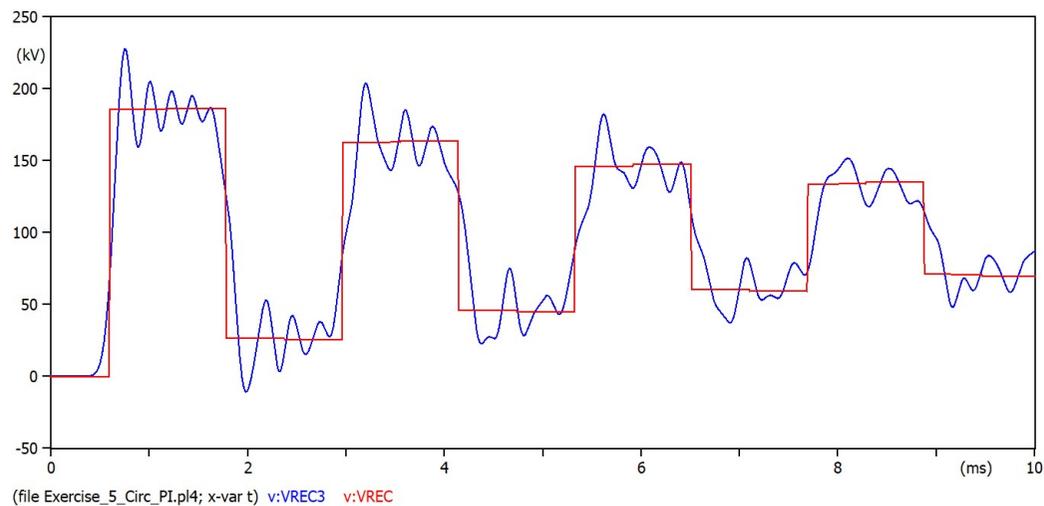


# ATP/ATPDraw

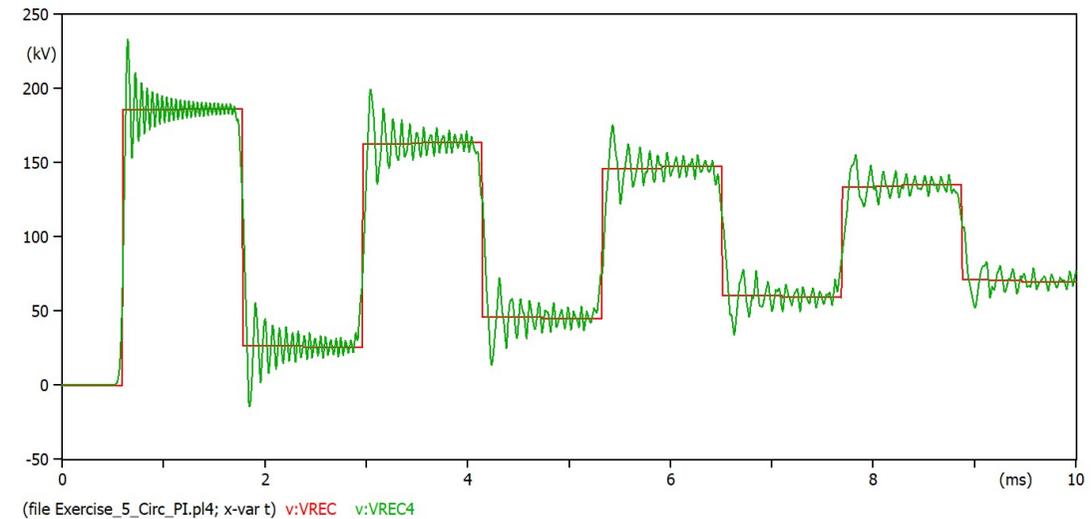
❖ Exemplo 1: Modelo de **Circuito PI e Bergeron**, para uma LT monofásica em ATPDraw.

## Respostas de tensão transitórias

Modelos Distribuído e 10 PIs



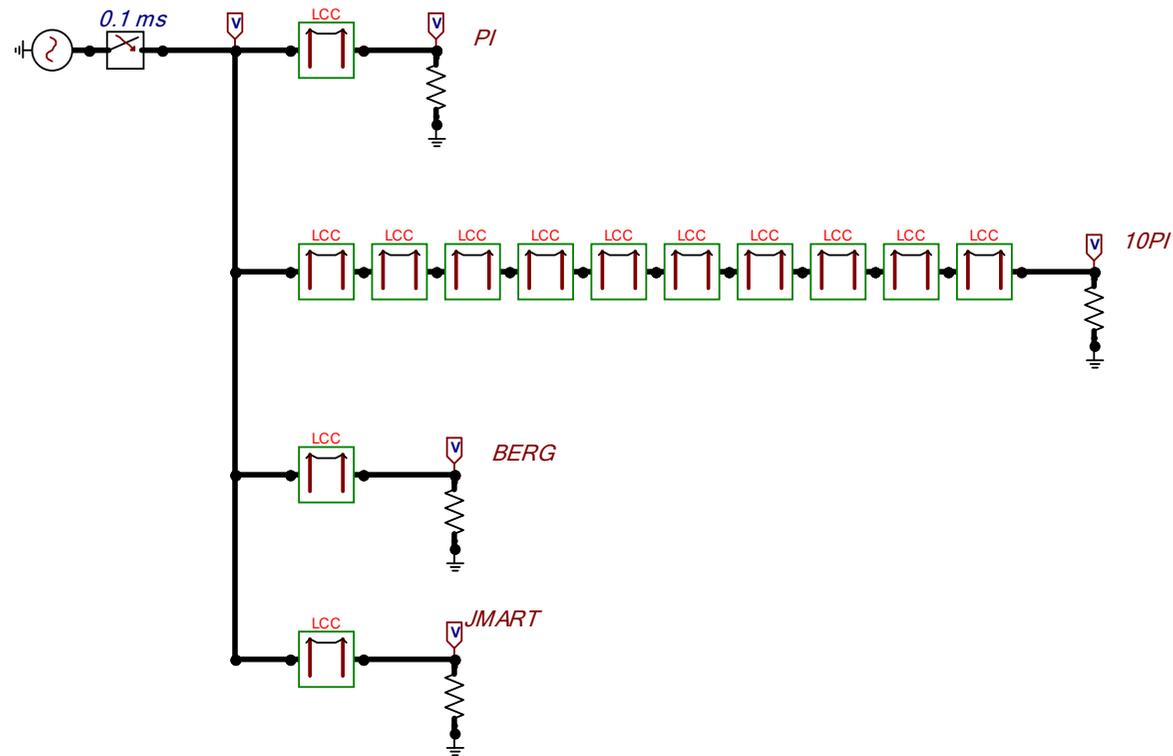
Modelos Distribuídos e 100 PIs



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 Jmart** para uma LT trifásica em ATPDraw.



# ATP/ATPDraw

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

