

# **IT 002 – SOBRETENSÕES EM SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA**

## **Aula-02**

### **Simulação de Linhas de Transmissão no ATP**

**Prof. Dr. José Pissolato Filho**

**Anderson Ricardo Justo de Araújo**

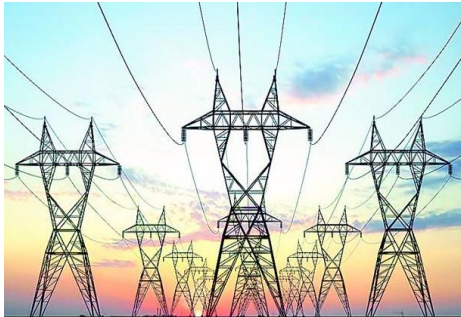
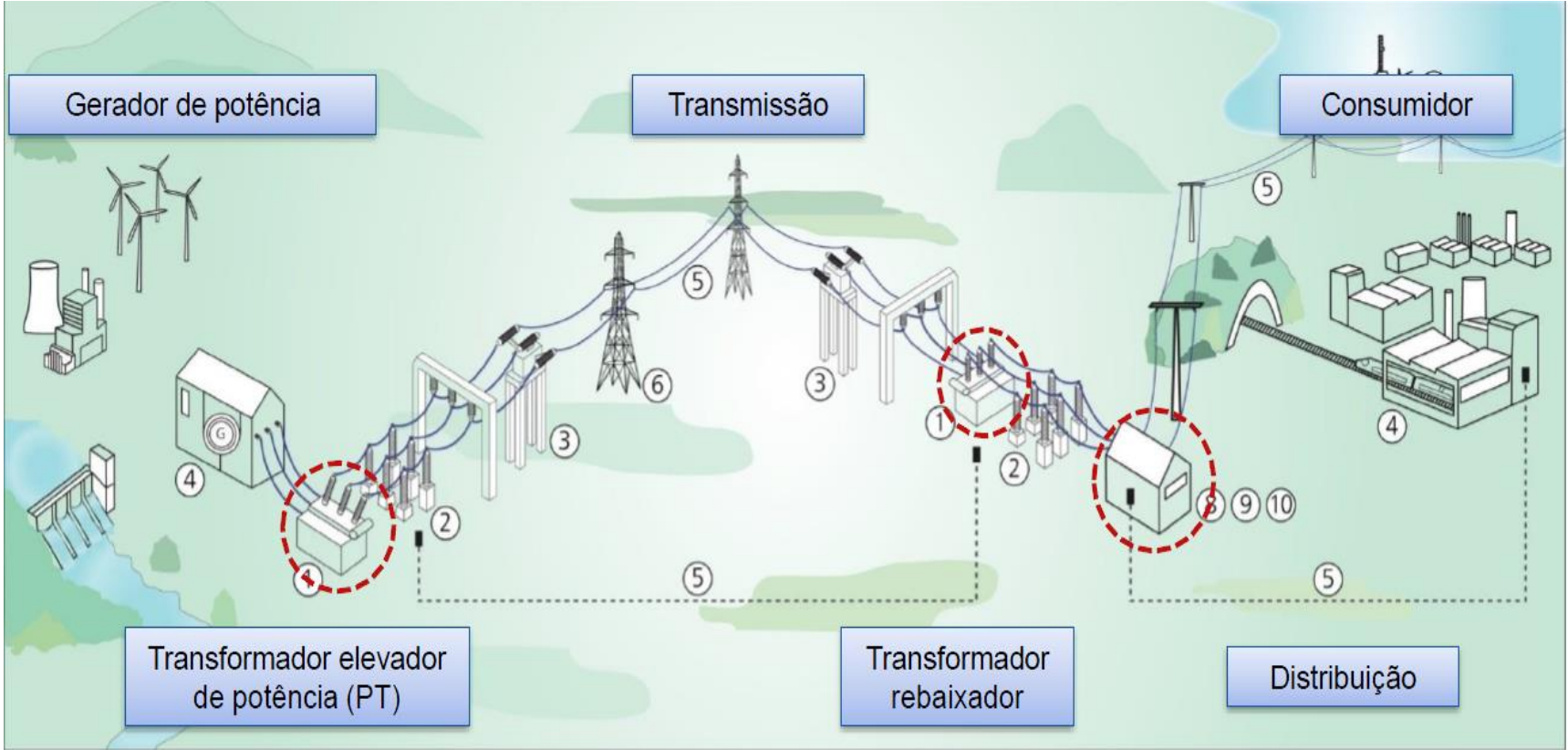
**Jaimis Sajid Leon Colqui**

**Setembro 2022**

# Objetivos

- ❑ Simulação de Linhas de Transmissão no ATP

# Introdução aos Transitórios Eletromagnéticos no SEP



# O que é um transitório eletromagnético (TEM)?

Um transitório eletromagnético é uma manifestação ou resposta elétrica local ou adjacente ocasionada por alterações súbitas nas condições operacionais de um sistema elétrico (SE);

Os SEs estão sujeitos a diversos fenômenos transitórios que compreendem desde variações eletromecânicas, caracterizados por baixas frequências, até as variações abruptas das tensões e correntes causadas por mudanças bruscas nas condições do estado de equilíbrio <sup>1</sup>.

Energização de um banco de 600 kVAr na tensão de 13,8 kV.

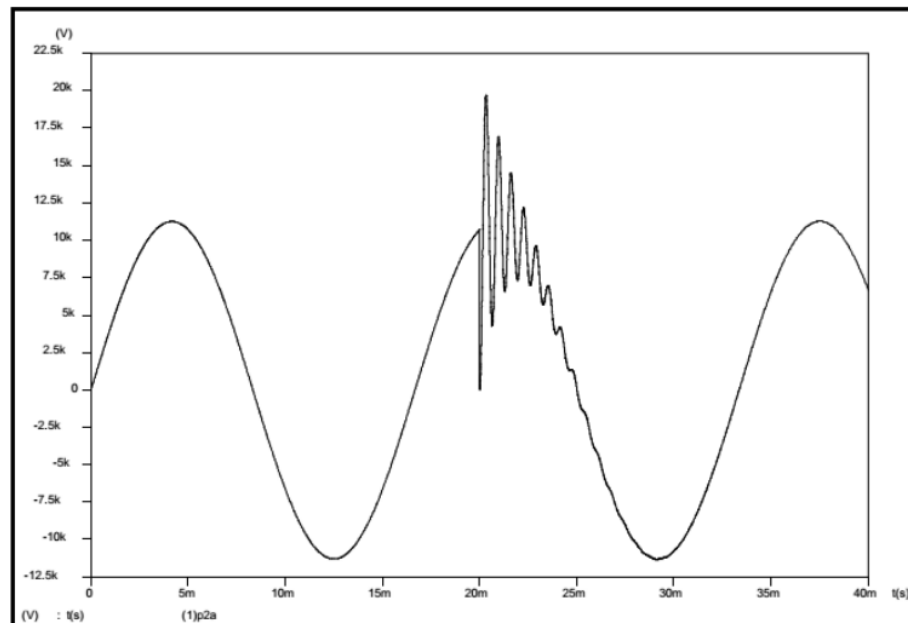
Estado 1  
(Regime Permanente)

Distúrbio Elétrico

TEM



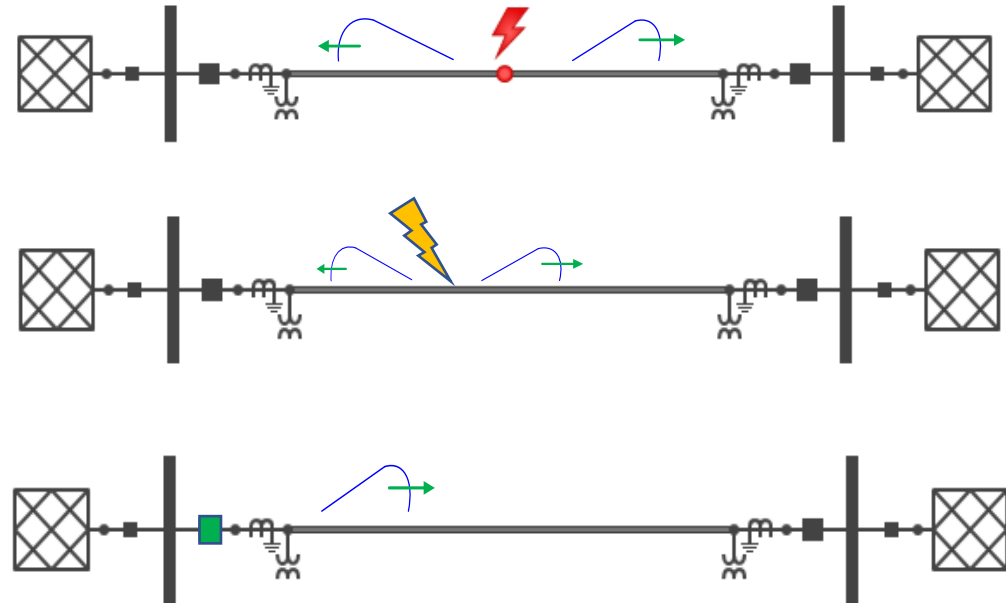
Estado 2  
(Regime Permanente)



# Introdução aos Transitórios Eletromagnéticos no SEP

## ❖ Fenômenos que originam os transitórios

- ❑ Falta na Linha de Transmissão
- ❑ Descargas atmosféricas
- ❑ Energização da Linha de Transmissão
- ❑ Energização de reator de potência
- ❑ Energizar um transformador de potência



# Introdução aos Transitórios Eletromagnéticos no SEP

## ❖ Classificação dos fenômenos transitórios

### Transitórios rápidos

#### Transitórios eletromagnéticos

Faixa de tempo [1  $\mu$ s – 0.1 s]

- Descargas atmosféricas
- Sobretensões de manobra
- Faltas

### Transitórios de media duração

#### Transitórios eletromecânicos

Faixa de tempo [0.1 s – 10 s]

- Estabilidade transitória
- Ressonância subsíncrona
- Arranque de motores

### Transitórios de longa duração

#### Fenômenos dinâmicos

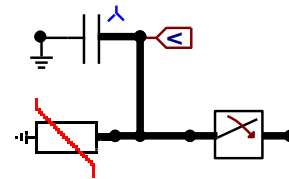
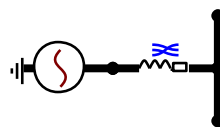
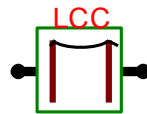
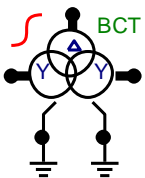
Faixa de tempo [0.5 s – min]

- Estabilidade dinâmica
- Controle de frequência
- Regulação de linhas

# Instalação e uso do ATP/EMTP

## ❖ Vantagens do ATPDraw

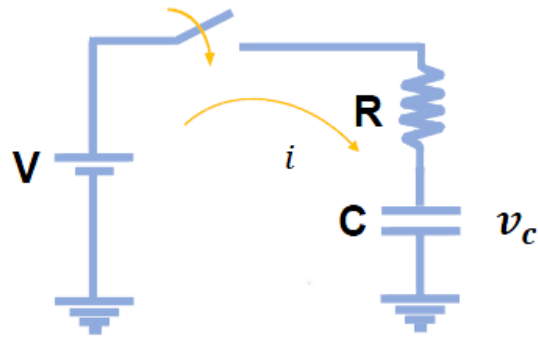
- ❑ É gratuito
- ❑ Ambiente de trabalho amigável.
- ❑ Integra todos os programas necessários para realizar uma simulação.
- ❑ Contém ajuda em janelas para a utilização dos diversos modelos.
- ❑ Integra varias rotinas auxiliares, facilitando seu uso
- ❑ Permite incorporar modelos de usuários



# Exemplos -Simulação de circuitos elétricos RC, RL, LC e RLC

## ❖ Exemplo 1: Circuito Elétrico R-C

### ❑ Circuito básico



### ❑ O que sabemos?

$$V - v_c = R i$$

$$i = C \frac{dv_c}{dt}$$

### ❑ Desenvolvimento

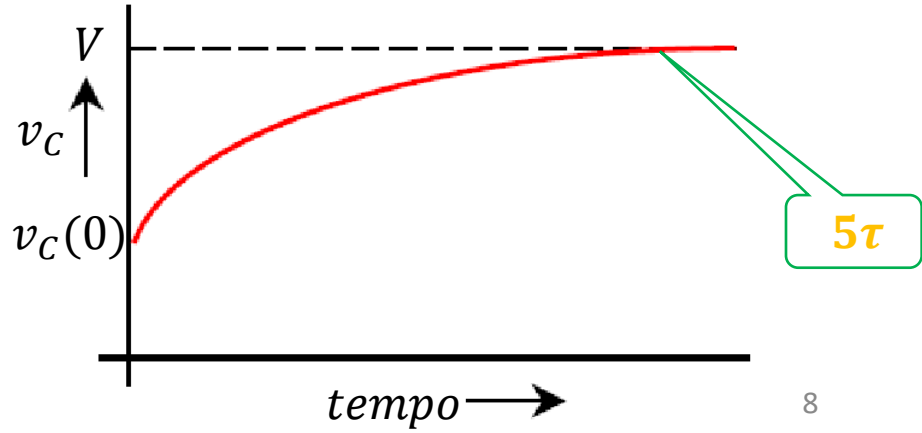
$$V - v_c = RC \frac{dv_c}{dt} \quad \longrightarrow \quad \int \frac{dv_c}{V - v_c} = \int \frac{1}{RC} dt$$

$$v_c(t) = V - Ae^{-t/RC} \quad v_c(t = 0) = V - A$$

$$v_c(t) = V - [V - v_c(0)]e^{-t/RC}$$

$$i(t) = \frac{1}{R} [V - v_c(0)]e^{-t/RC}$$

$$\tau = RC$$





# Construção do circuito

The image shows the ATPDraw software interface. The main window has a menu bar with File, Edit, View, ATP, Library, Tools, Windows, Web, and Help. A blue circle highlights the 'View' menu, with an arrow pointing to a smaller inset window showing the 'View' menu open. The 'View' menu contains the following items: Status Bar, Side Bar, Tool Bar, Zoom in Num +, Zoom out Num -, Centre circuit, Lock circuit, Refresh Ctrl+Q, Set Circuit Font, and View Options... The 'Side Bar' item is highlighted in yellow. A blue arrow points from the 'View' menu to a callout box on the right. The callout box contains the text: 'Click com botão direito para buscar cada elemento de circuito'. The left sidebar of the main window shows simulation settings, including 'Simulation type' (Time domain, Frequency scan, Harmonic (HFS)), 'delta T: 1E-6', 'Tmax: 0.001', 'Xopt: 0', 'Copt: 0', 'Epsilon: 0', 'Frequency: 50', and checkboxes for 'Auto-detect ATP errors', 'Sorting by order', 'Sorting by X-pos', 'UM Automatic initialization', 'UM Prediction method', and 'Use internal parser'. At the bottom left, there is a table with columns 'NAME' and 'EXPRESSION'.

Click com botão direito para buscar cada elemento de circuito

# Fonte de tensão

The image shows a software menu with the following items:

- Probes & 3-phase
- Branch Linear
- Branch Nonlinear
- Lines/Cables
- Switches
- Sources** (highlighted)
  - AC source (1&3)
  - DC type 11** (highlighted)
  - Ramp type 12
  - Slope-Ramp type 13
  - Surge type 15
  - Heidler type 15
  - Standler type 15
  - Cigré type 15
  - IACS source
  - AC Source modulated
  - Empirical type 1
  - AC Ungrounded
  - DC Ungrounded
  - Trapped charge source
- Machines
- Transformers
- MODELS
- IACS
- User Specified
- Steady-state
- Power system tools
- All standard comp...
- Add Objects

The image shows the 'Component: DC1PH' dialog box with the following configuration:

**Attributes**

DATA	UNIT	VALUE
Amplitude	Volt	10000
Tstart	s	-1
Tstop	s	1000

NODE	PHASE	NAME
DC	1	

Buttons: Copy, Paste, Reset, Order: 0, Label: [ ]

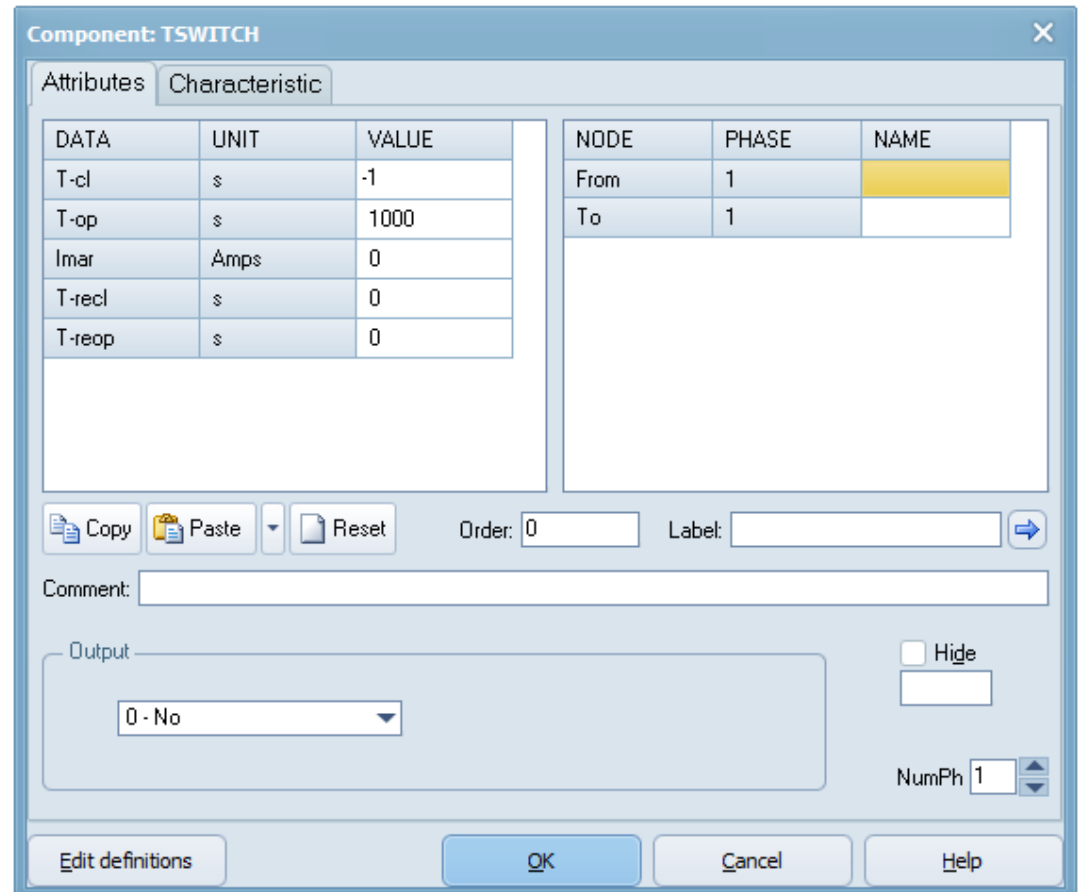
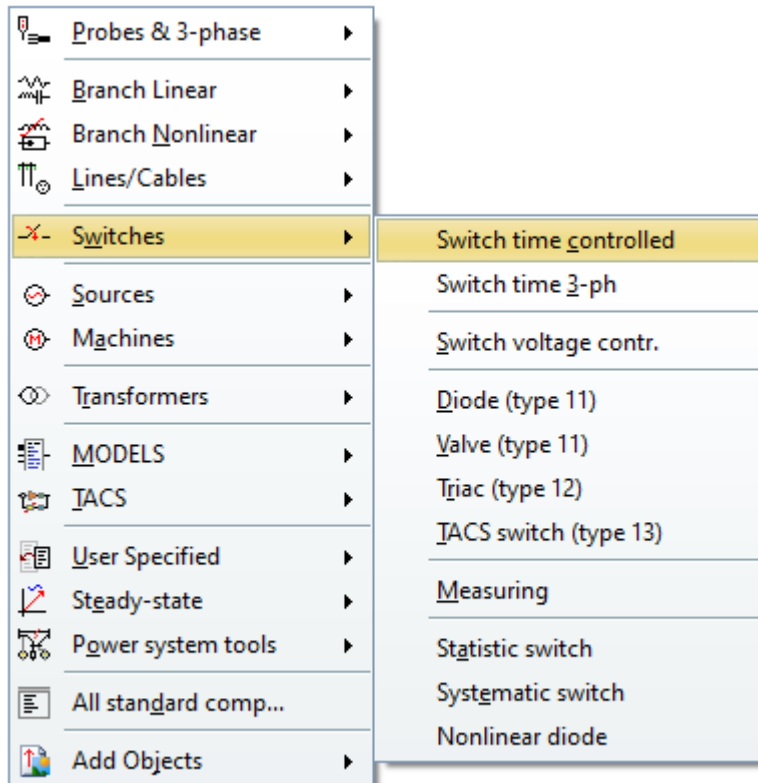
Comment: [ ]

Type of source:  
 Current  
 Voltage

Hide [ ]

Buttons: Edit definitions, OK, Cancel, Help

# Chave (Switch)



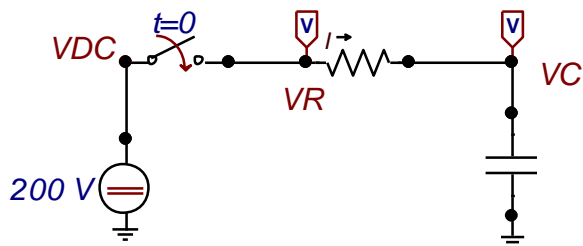
# Resistor

The screenshot shows a software menu with the following items:

- Probes & 3-phase
- Branch Linear
- Branch Nonlinear
- Lines/Cables
- Switches
- Sources
- Machines
- Transformers
- MODELS
- IACS
- User Specified
- Steady-state
- Power system tools
- All standard comp...
- Add Objects

The 'Branch Linear' menu is expanded, showing the following options:

- Resistor
- Capacitor
- Inductor
- RLC
- R inf
- PQU
- Kizilcay F-Dependent
- RLC 3-ph
- RLC-Y 3-ph
- RLC-D 3-ph
- C:  $U(0)$
- L:  $I(0)$



Component: RESISTOR

Attributes

DATA	UNIT	VALUE
R	Ohm	1000

NODE	PHASE	NAME
From	1	
To	1	

Copy Paste Reset Order: 0 Label:

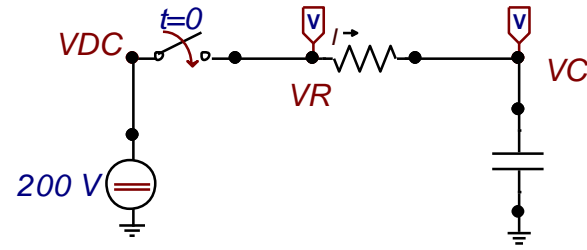
Comment:

Output:

Hide   
 \$Vintage.1  
NumPh

Edit definitions OK Cancel Help

# Capacitor



Probes & 3-phase

- Branch Linear
- Branch Nonlinear
- Lines/Cables
- Switches
- Sources
- Machines
- Transformers
- MODELS
- IACS
- User Specified
- Steady-state
- Power system tools
- All standard comp...
- Add Objects

Resistor

Capacitor

Inductor

RLC

R inf

PQU

Kizilcay F-Dependent

RLC 3-ph

RLC-Y 3-ph

RLC-D 3-ph

C:  $U(0)$

L:  $I(0)$

Component: CAP\_RS

Attributes

DATA	UNIT	VALUE	NODE	PHASE	NAME
C	$\mu\text{F}$	1	From	1	
Ks	Damp 0.1-0.2	0	To	1	

Copy Paste Reset Order: 0 Label:

Comment:

Output:

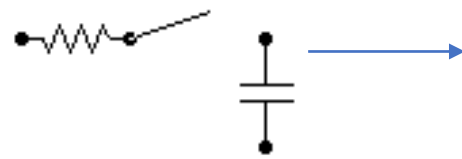
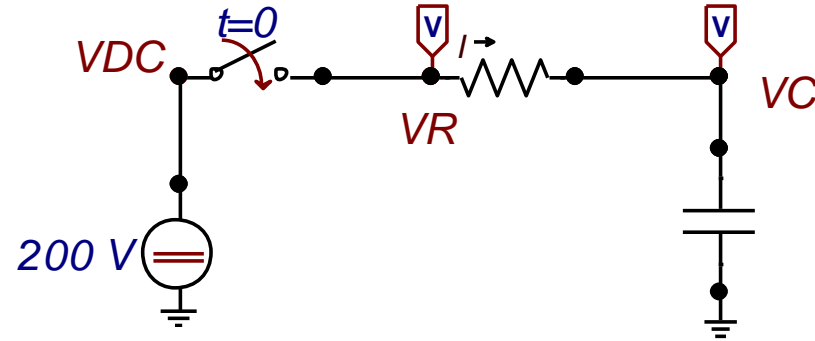
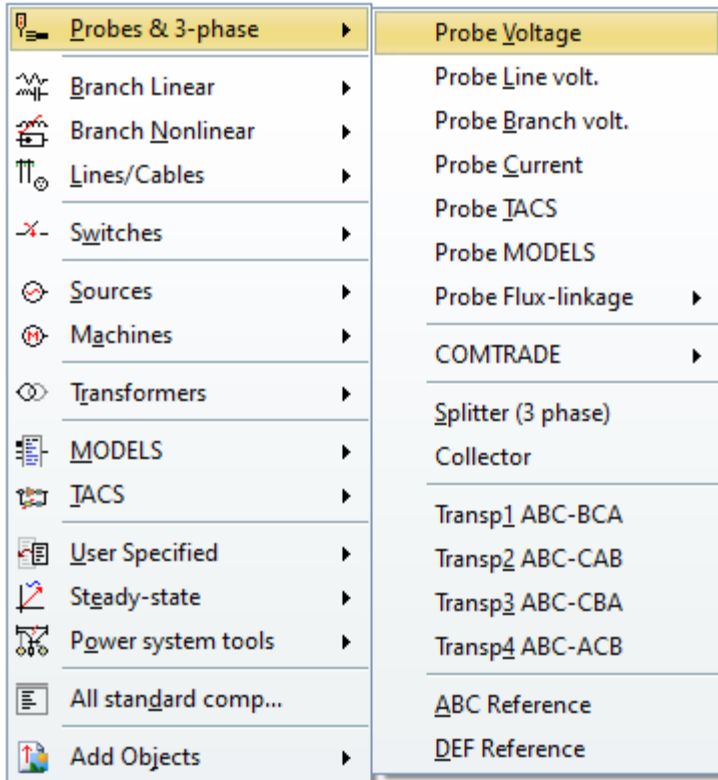
Hide

\$Vintage.1

NumPh 1

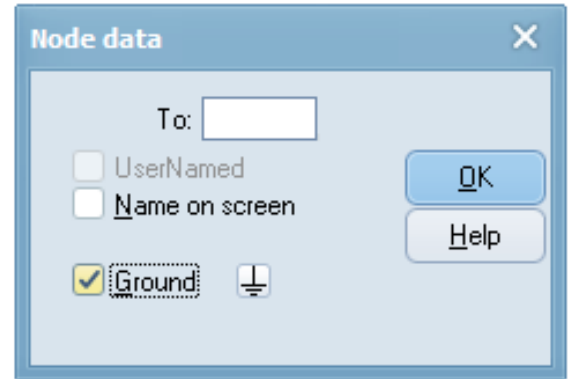
Edit definitions OK Cancel Help

# Voltímetro/Amperímetro

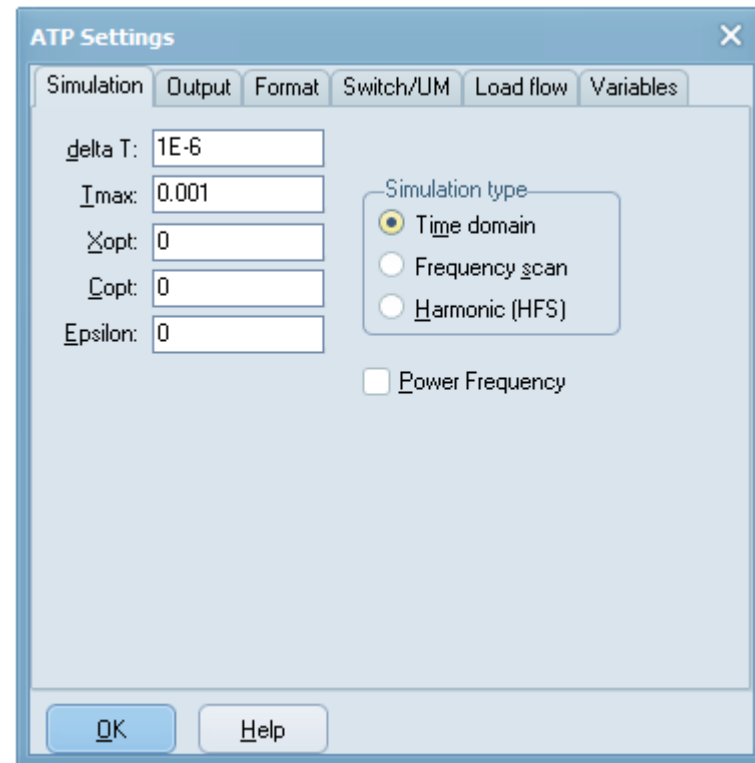
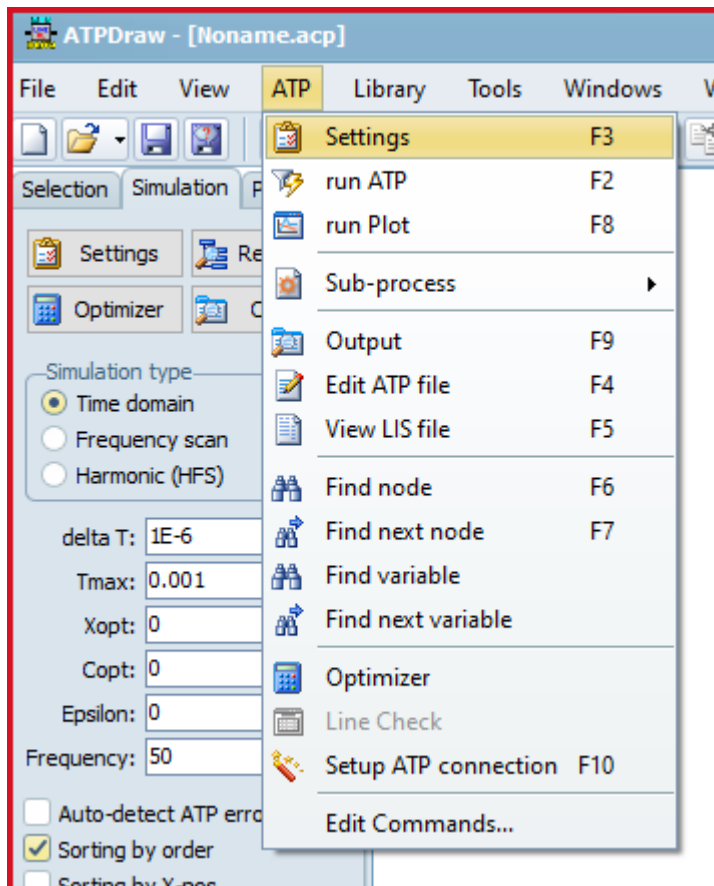


Conexão-Clicar em um terminal do componente e arrastar até terminal subsequente

Clicar no terminal e escolher Ground



# Tempo de Simulação



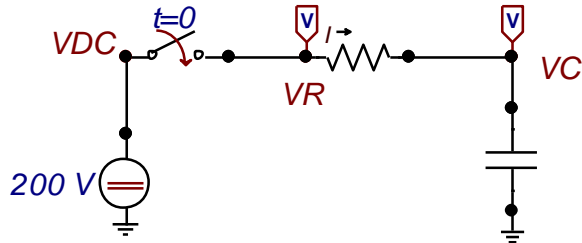
# Simulação de circuitos elétricos RC, RL, LC e RLC

## ❖ Exemplo 1: Circuito Elétrico R-C

### ❑ Dados do circuito

- $R = 100 \text{ ohm}$
- $C = 1000 \text{ uF}$
- $v_c(0) = 0 \text{ V}$
- $V = 200 \text{ V}$

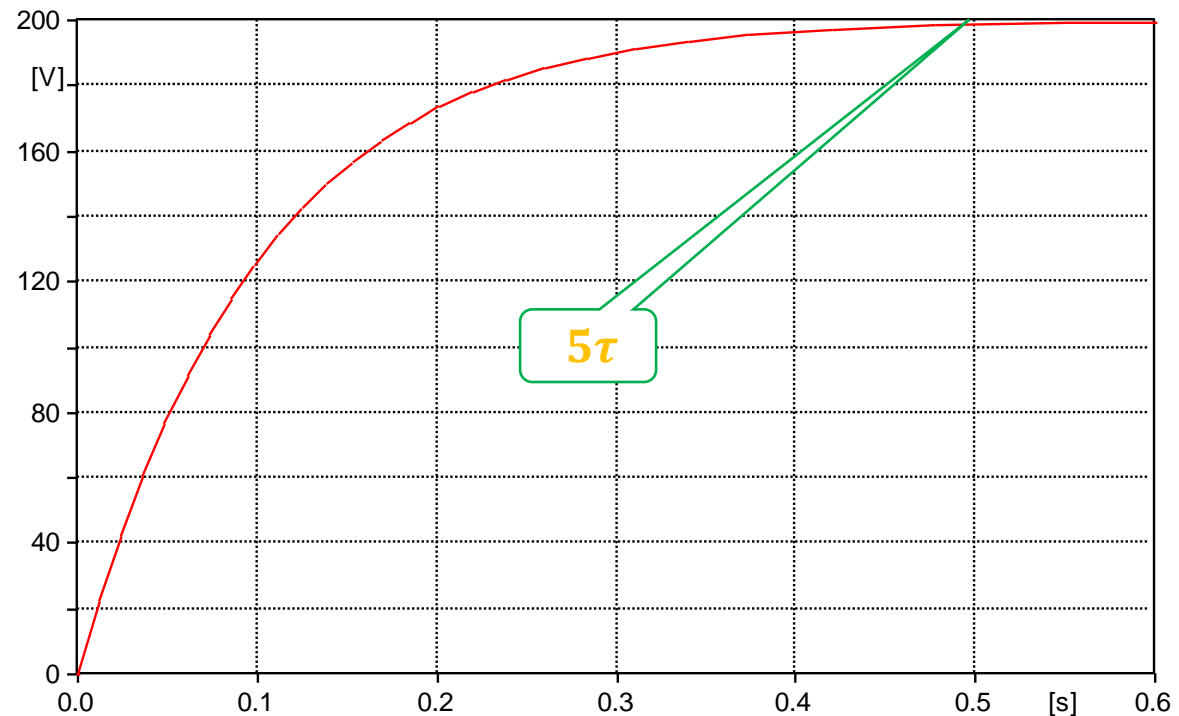
$$\tau = RC = 0.1 \text{ s}$$



$$\Delta T = 1E-5$$
$$T_{\text{max}} = 0.6$$

$$v_c(t) = V - [V - v_c(0)]e^{-t/RC}$$

$$v_c(t) = 200 - 200e^{-10t}$$



(file Exercise\_01\_RC\_Circuit\_Start.pl4; x-var t) v:VC

Tensão no condensador



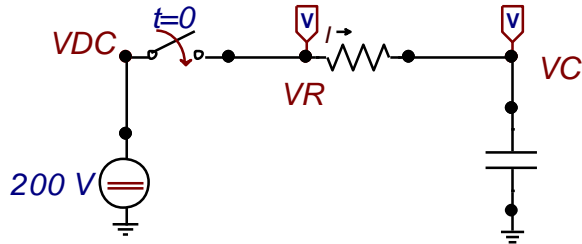
# Simulação de circuitos elétricos RC, RL, LC e RLC

## ❖ Exemplo 1: Circuito Elétrico R-C

### ❑ Dados do circuito

- $R = 100 \text{ ohm}$
- $C = 1000 \text{ uF}$
- $v_c(0) = 0 \text{ V}$
- $V = 200 \text{ V}$

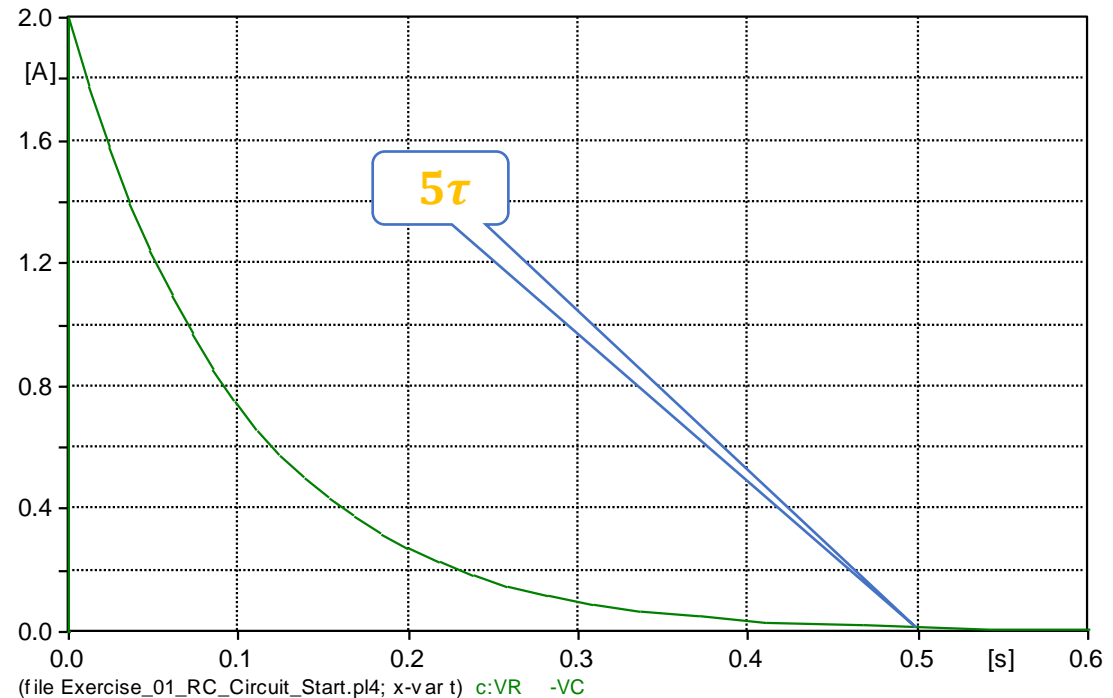
$$\tau = RC = 0.1 \text{ s}$$



$$\Delta T = 1E-5$$
$$T_{\text{max}} = 0.6$$

$$i(t) = \frac{1}{R} [V - v_c(0)] e^{-t/RC}$$

$$i(t) = 2e^{-10t}$$



Corrente no condensador

ATPDraw - [Noname 1]

File Edit View **ATP** Library Tools Windows Web

Settings F3  
Run ATP F2  
run Plot F8

MC's PlotXY - Data selection

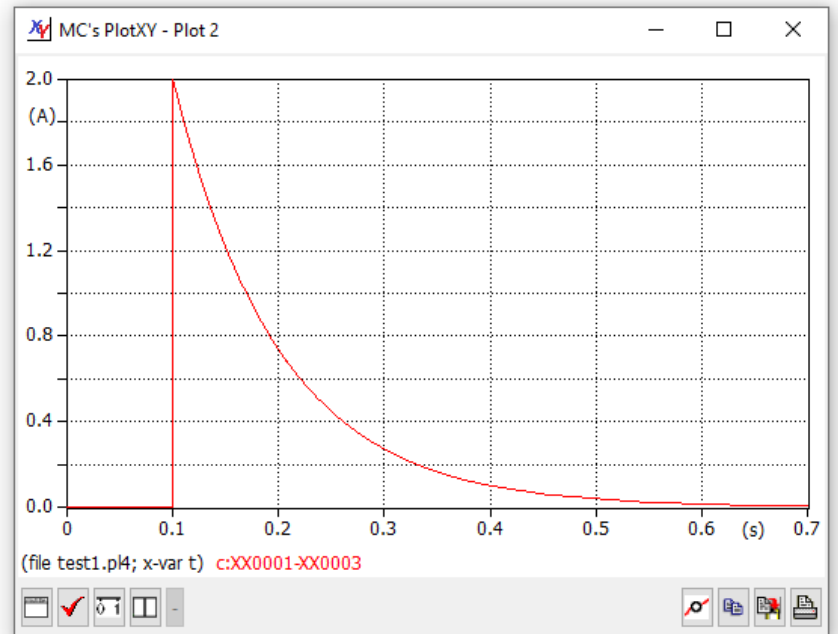
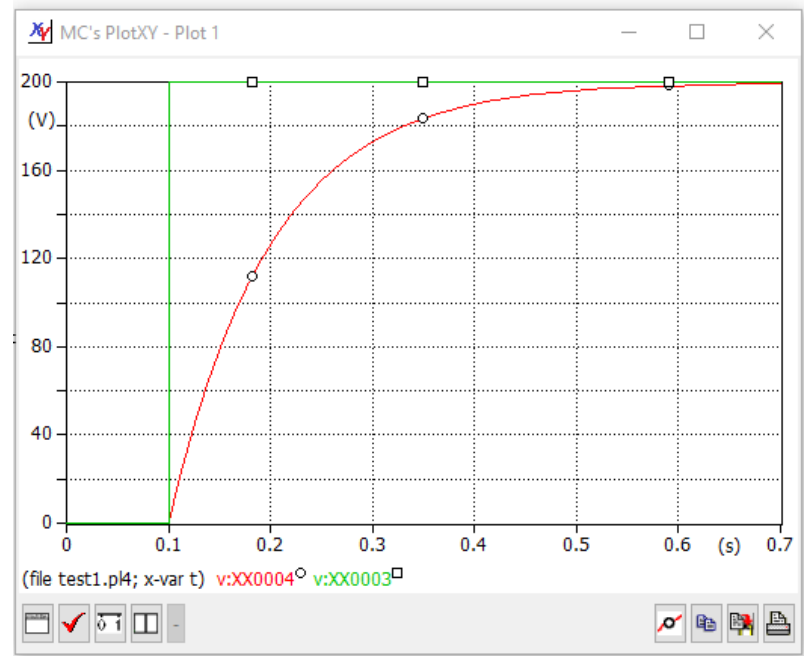
Load... Refresh

f	FileName	# of vars	# of Points	Tmax
x 1	test1.pl4	4	700001	0.7

1 t  
2 v:XX0003  
3 v:XX0004  
4 c:XX0001-XX0003

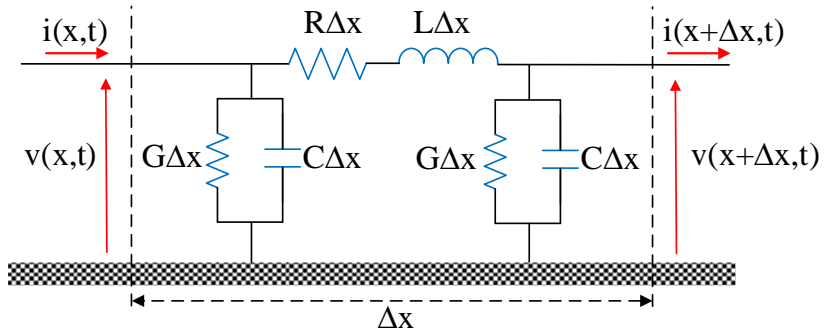
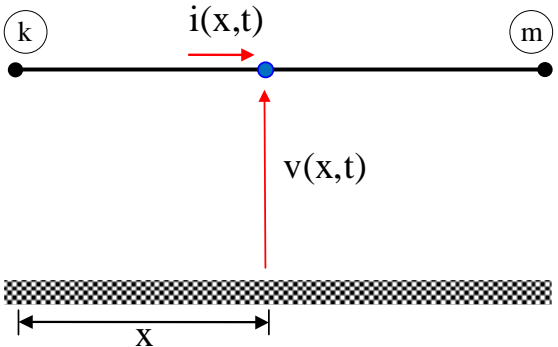
f	#	Variable name	X
a	1	t	x

Fourier Plot  
Save vars Reset  
Equalise plot window sizes  
 to Plot win 1 Equate  
 to:   Arrange



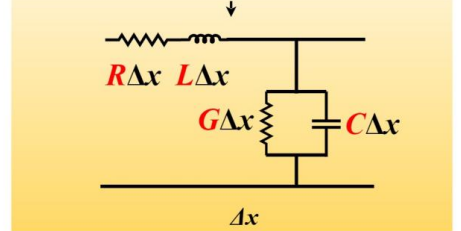
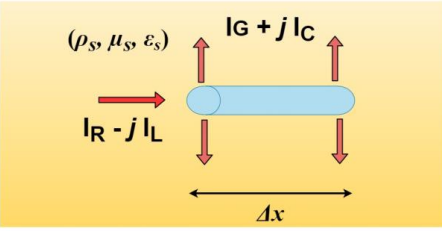
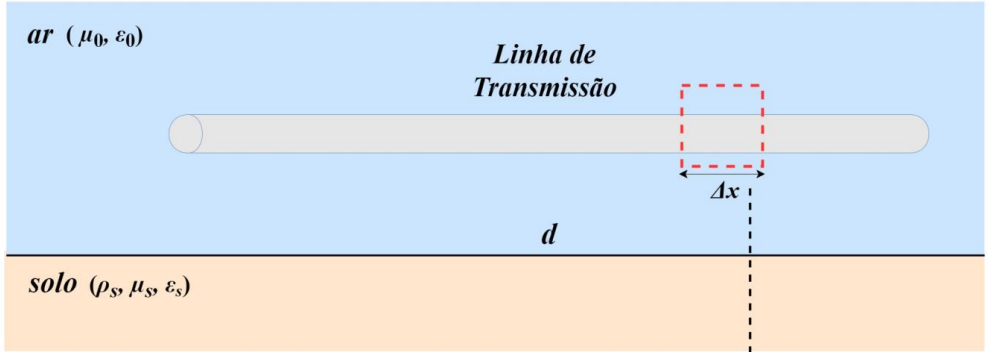
# Revisão de linhas de transmissão.

## ❖ Linha de transmissão

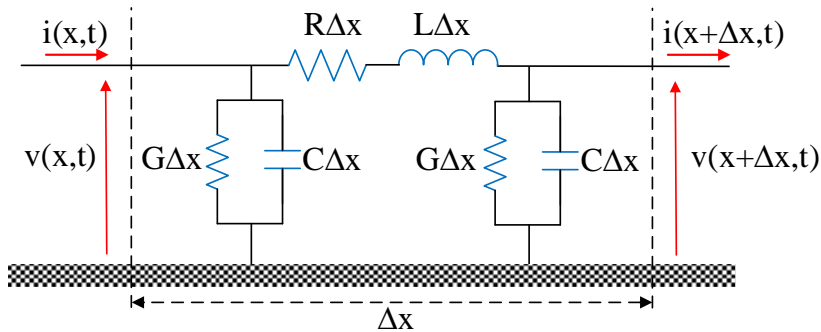


$$-\frac{\partial v(x,t)}{\partial x} = Ri(x,t) + L \frac{\partial i(x,t)}{\partial x}$$

$$-\frac{\partial i(x,t)}{\partial x} = Gv(x,t) + C \frac{\partial v(x,t)}{\partial x}$$



# Revisão de linhas de transmissão.

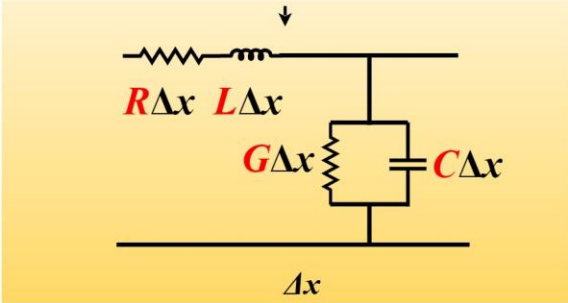
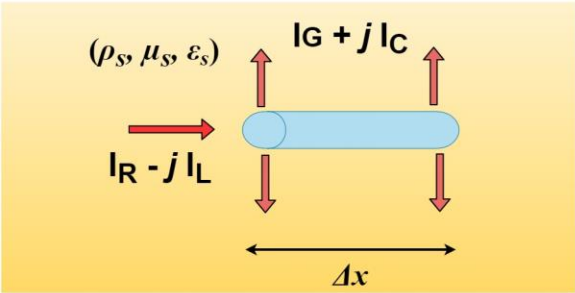


## Modelo a parâmetros distribuído

As tensões e correntes se propagam entre os terminais de uma LT com uma dada velocidade (atraso). Dessa forma, as formas de ondas são afetadas pela impedância característica da LT, a velocidade de propagação e a carga conectada ao terminal receptor.

- ❑ Modelo que considera a velocidade de propagação das ondas
- ❑ É usado para estudos de transitórios nos quais uma frequência ou uma faixa de frequência seja de interesse.
  - Energização de Linhas meias e longas.
  - Análises de descargas atmosféricas
  - Faltas em Linhas de transmissão
  - Faltas em subestações

# Linhas de transmissão.



Impedância característica

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Velocidade de propagação

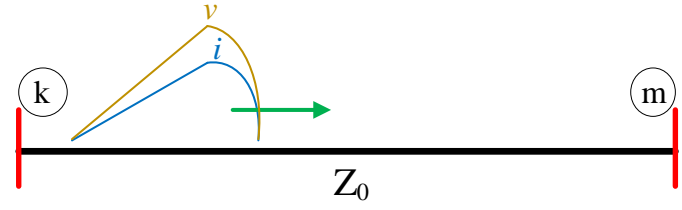
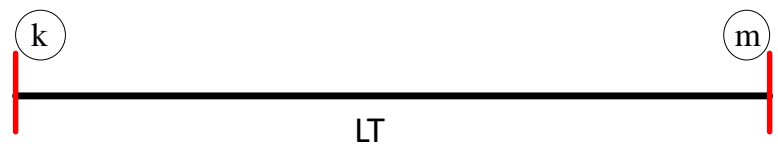
$$v = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

Tempo de propagação

$$\tau = \frac{d}{v}$$

# Linhas de transmissão.

❖ Linha de transmissão, propagação de ondas viajantes em uma linha ideal ( sem perdas)



$$\frac{V}{i} = Z_0$$

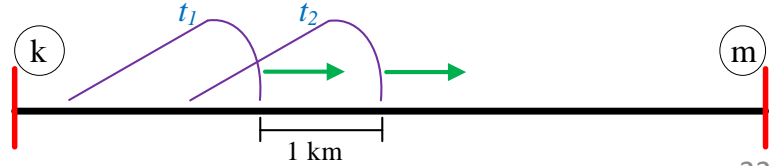
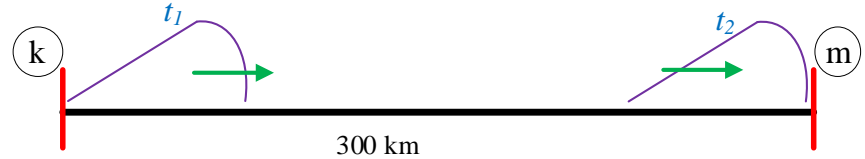
Onde:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Z<sub>0</sub> = 250 - 400 Ohm en Líneas aéreas.

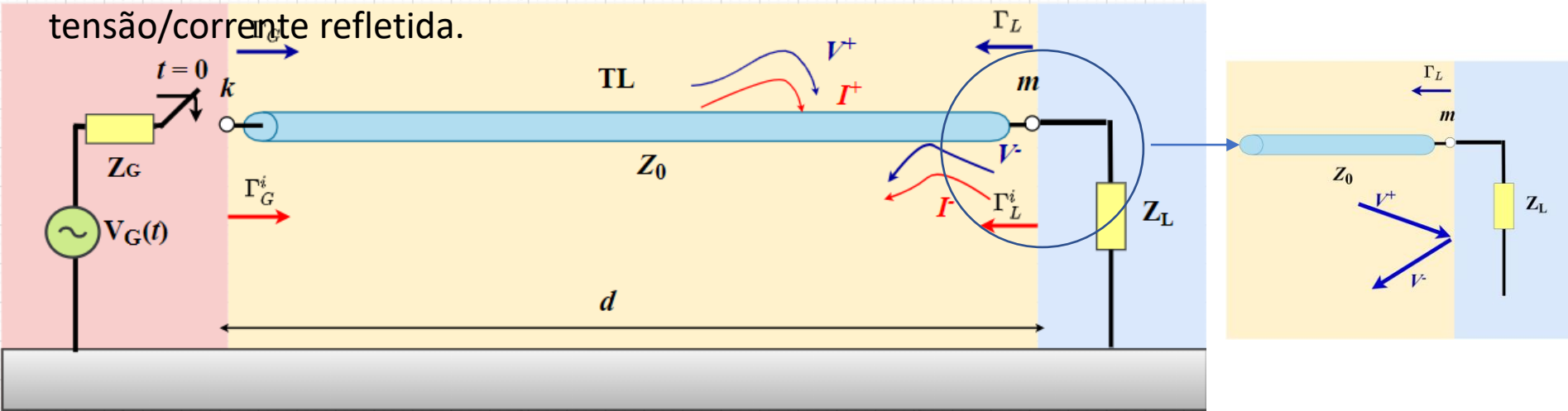
$$\text{Velocidad} = \sqrt{\frac{1}{LC}} = \sqrt{\frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}}$$

En Líneas aéreas: V = 300000 km/s o 300 km/ms o 3.34 us/km



# Ondas Refletidas na LT e Diagrama de Lattice

Uma forma simples de ver as ondas refletidas é interpretar cada parte do circuito como um “meio” distinto, cuja impedância determinará a parcela de tensão/corrente refletida.



Coef. de reflexão para a tensão

$$\Gamma_L = \frac{V^-}{V^+} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

$$\Gamma_G = \frac{Z_G - Z_0}{Z_G + Z_0}$$

Coef. de reflexão para a corrente

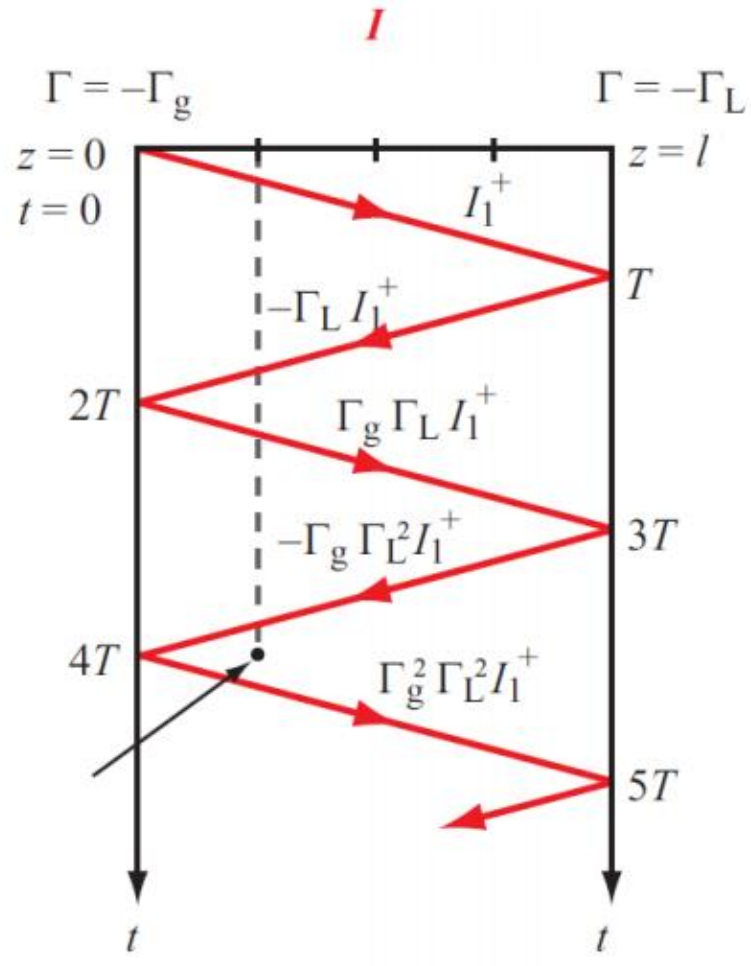
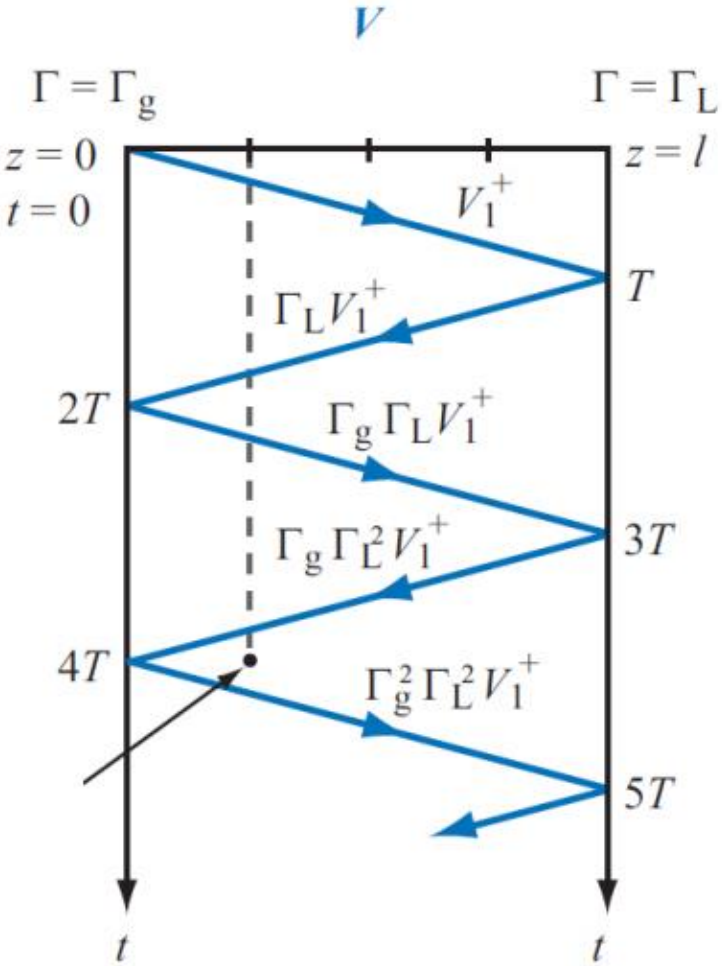
$$\Gamma_L^i = \frac{Z_0 - Z_L}{Z_L + Z_0} = -\Gamma_L$$

$$\Gamma_G^i = \frac{Z_0 - Z_G}{Z_G + Z_0} = -\Gamma_G$$

Coef. de transmissão tensão

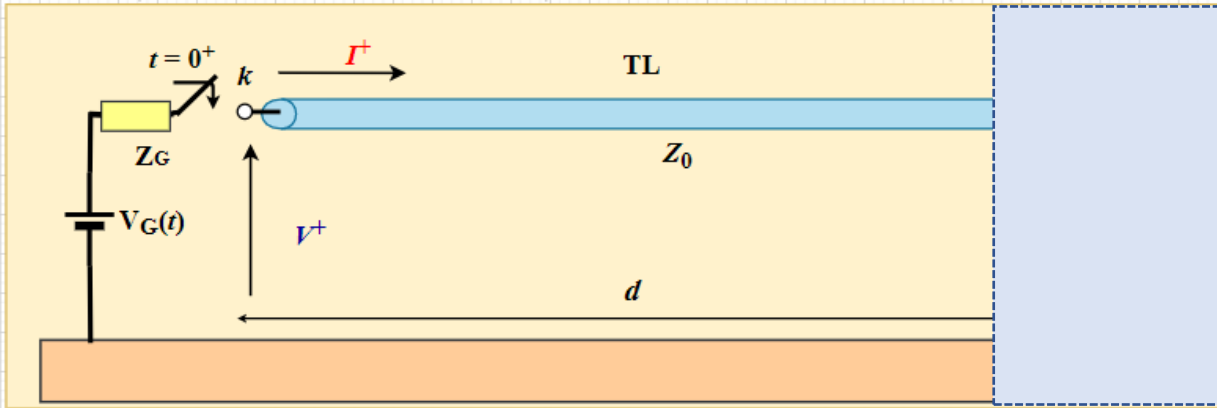
$$\Gamma_t = \frac{2 * Z_L}{Z_L + Z_0}$$

# Ondas Refletidas na LT e Diagrama de Lattice





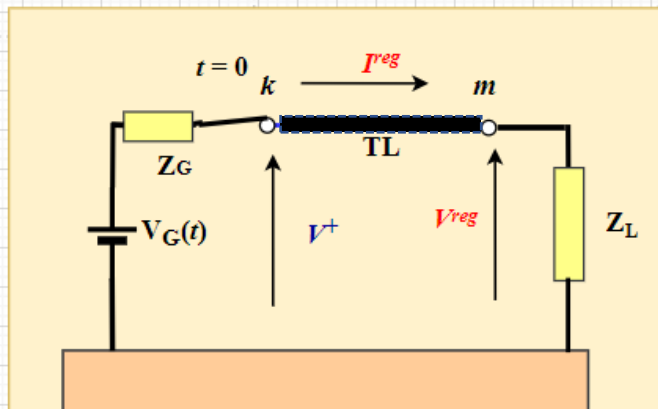
# Valores iniciais e de regime



No transitório

$$I^+ = \frac{V_G}{Z_G + Z_0}$$

$$V^+ = \frac{Z_0}{Z_G + Z_0} V_G$$



No regime permanente

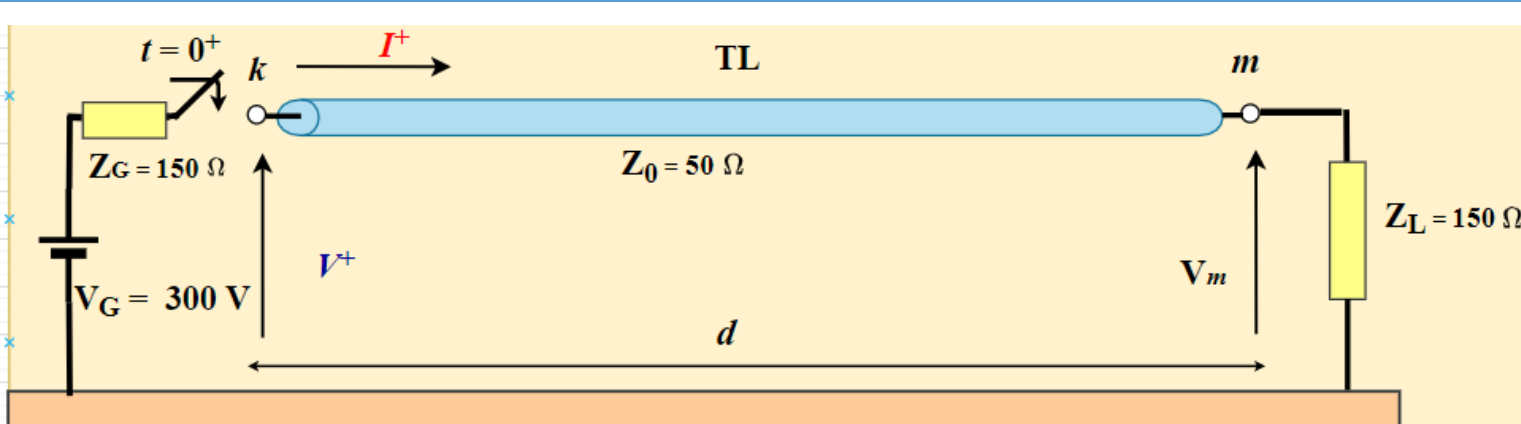
$$I^{reg} = \frac{V_G}{Z_G + Z_L}$$

$$V^{reg} = \frac{Z_L}{Z_G + Z_L} V_G$$

Lembrete: LT ideal  
( $R = G = 0$ )

Se LT real, deve-se calcular a queda de tensão entre  $k$  e  $m$

# Exemplo 1- Ex ercio da Aula 02



$$\Gamma_L = \frac{150 - 50}{150 + 50} = 0.5$$

$$I^+ = \frac{V_G}{Z_G + Z_0} = \frac{300}{150 + 50} = 1,50\text{ A}$$

$$\Gamma_G = \frac{150 - 50}{150 + 50} = 0.5$$

$$V^+ = \frac{Z_0}{Z_G + Z_0} V_G = \frac{50}{150 + 50} 300 = 75\text{ V}$$

# Exemplo 1- Diagrama de Lattice (Tensão)

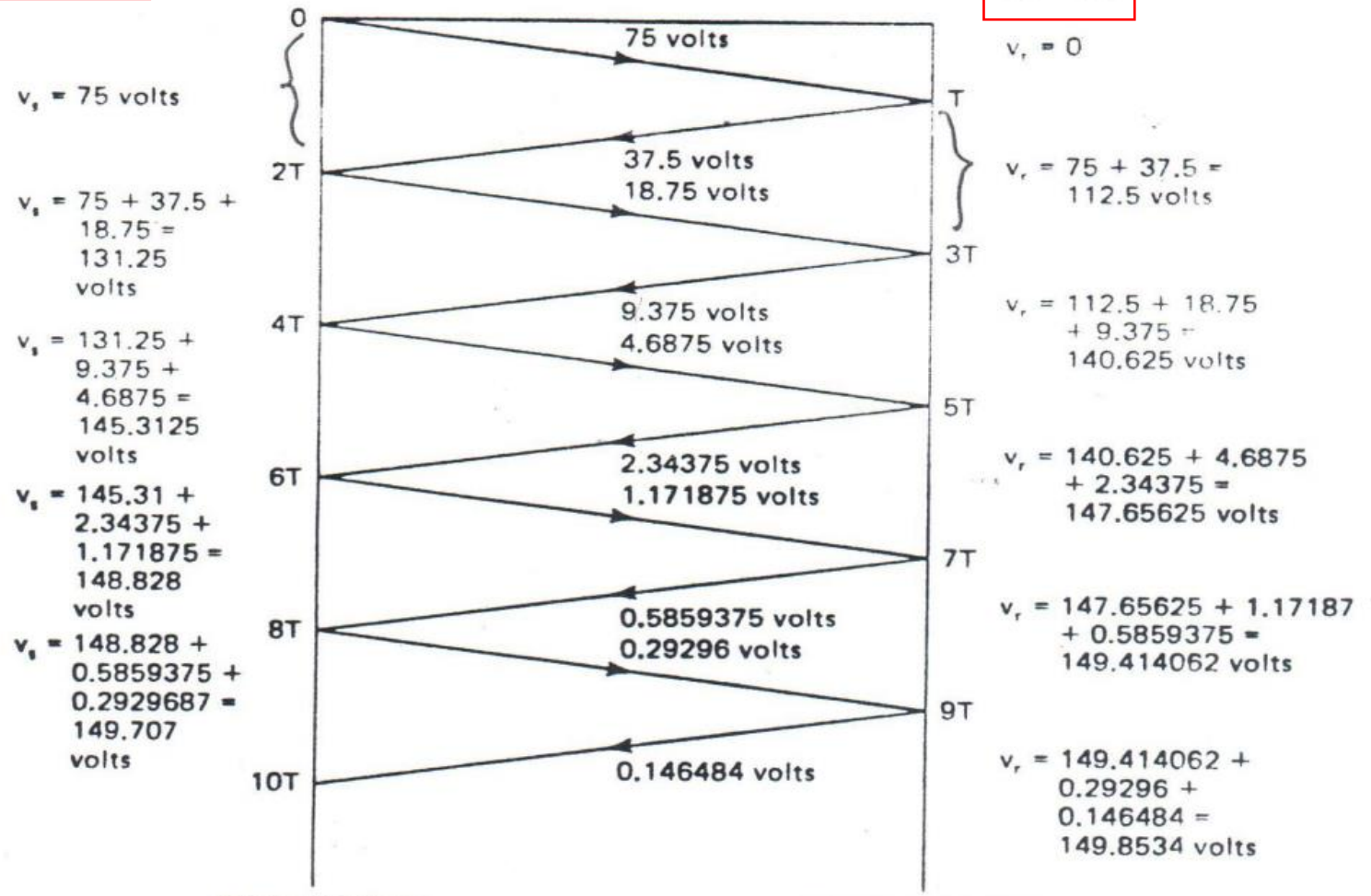
$V_k$

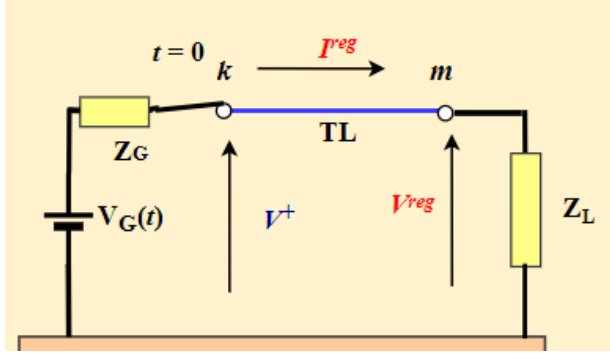
$V_m$

*exemplo da aula anterior*

$\Gamma_s = 0.5$

$\Gamma_r = 0.5$



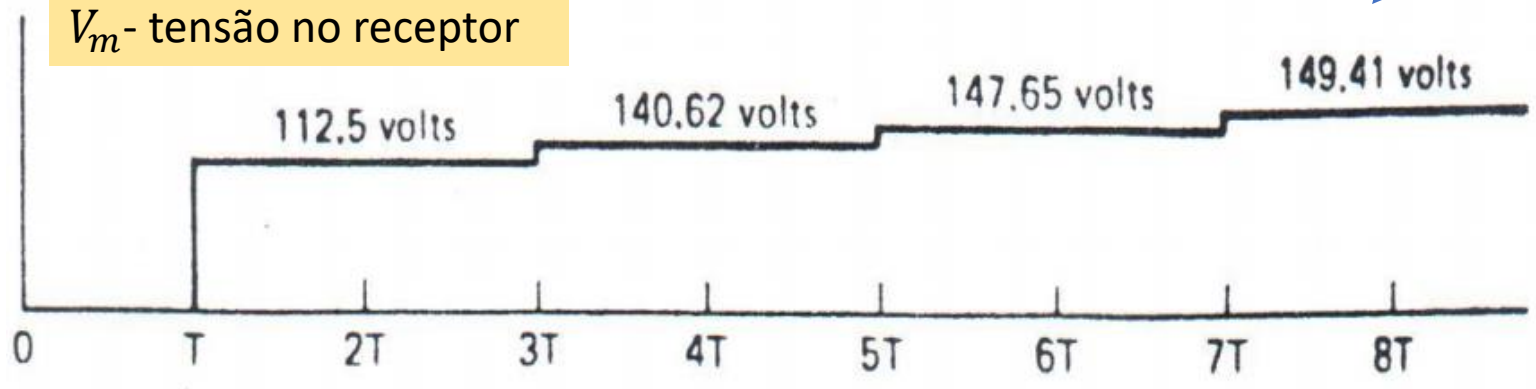


$$V^{reg} = \frac{Z_L}{Z_G + Z_L} V_G$$

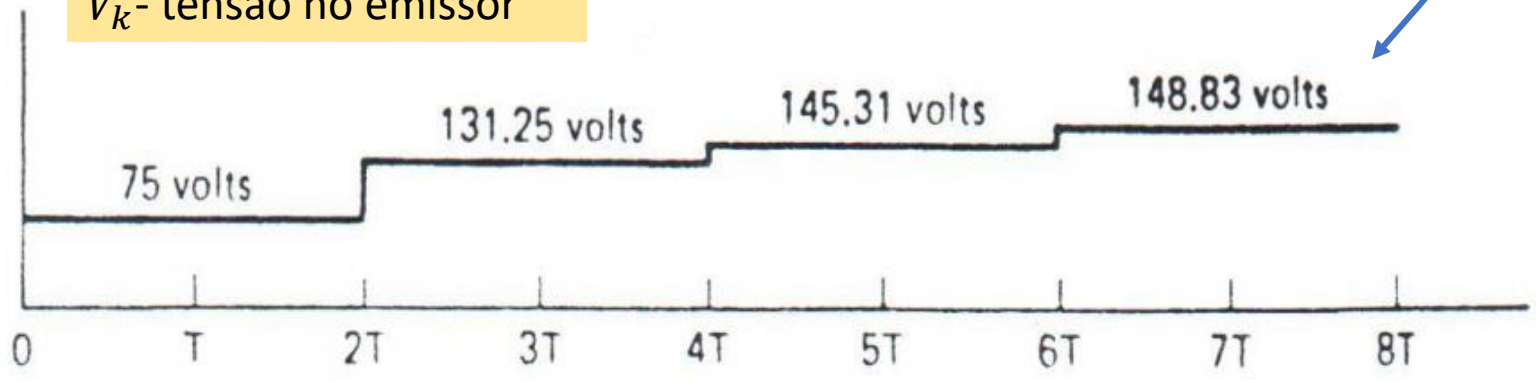
$$V^{reg} = \frac{150}{150 + 150} 300 = 150 \text{ V}$$



$V_m$ - tensão no receptor



$V_k$ - tensão no emissor



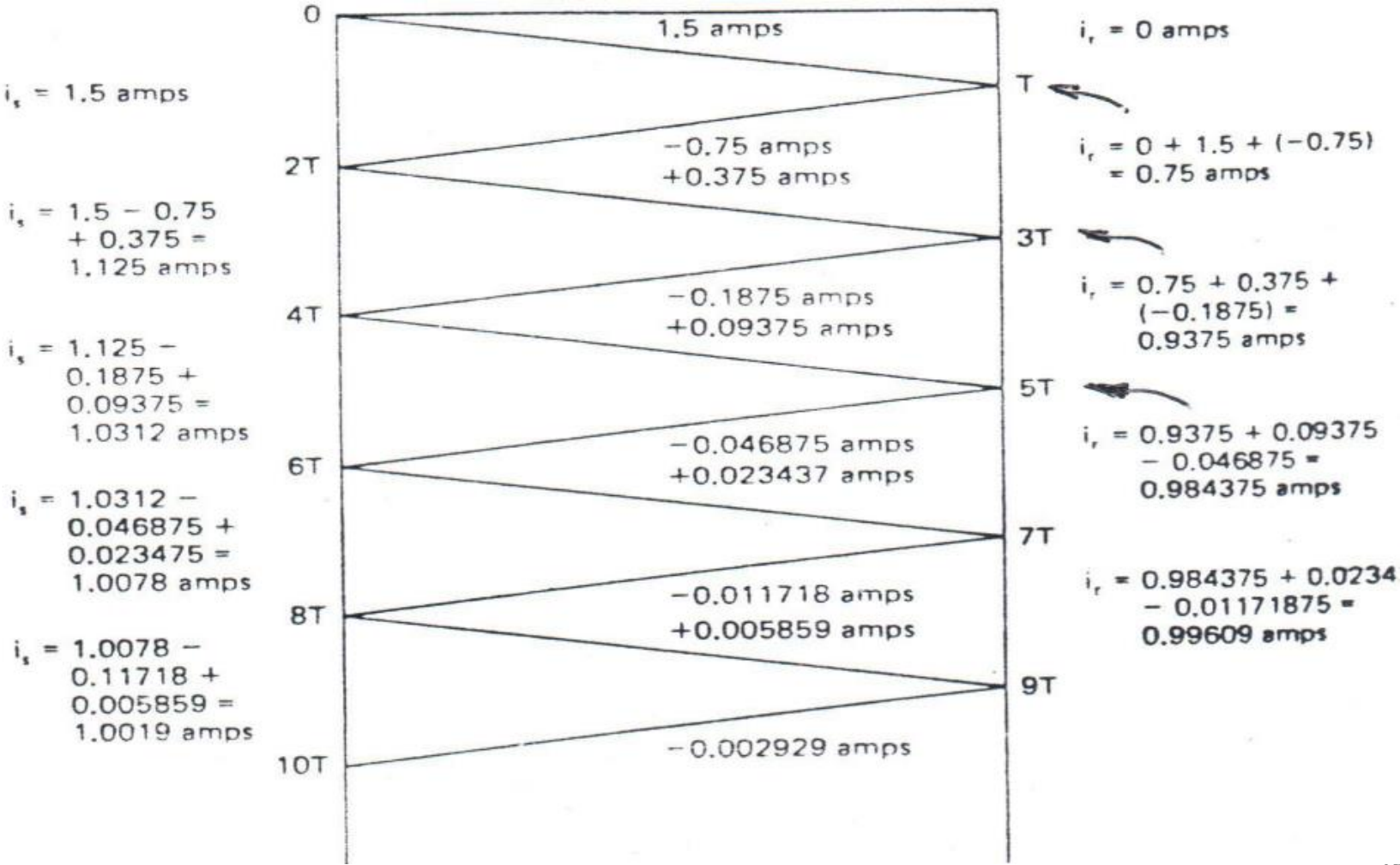
# Exemplo 1- Diagrama de Lattice (Corrente)

$$\Gamma_G^i = \frac{Z_0 - Z_G}{Z_G + Z_0} = -\Gamma_G = -0.5$$

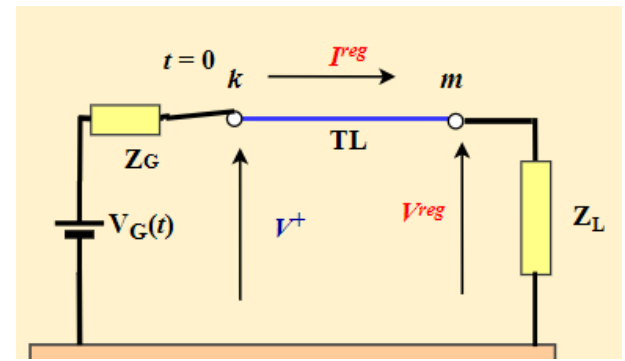
$V_k$

$V_m$

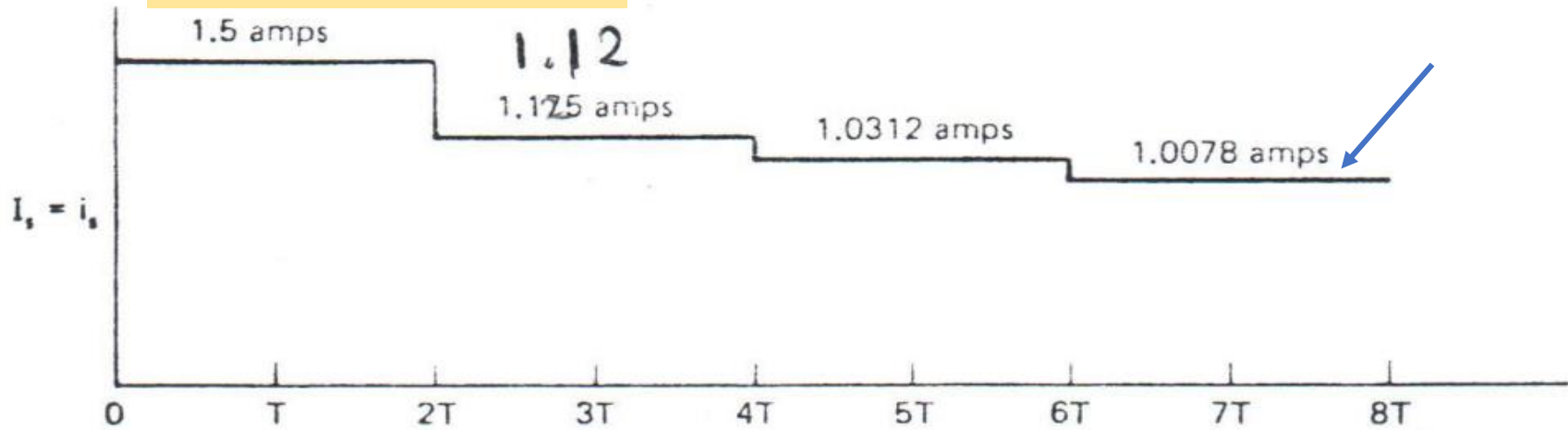
$$\Gamma_L^i = \frac{Z_0 - Z_L}{Z_L + Z_0} = -\Gamma_L = -0.5$$



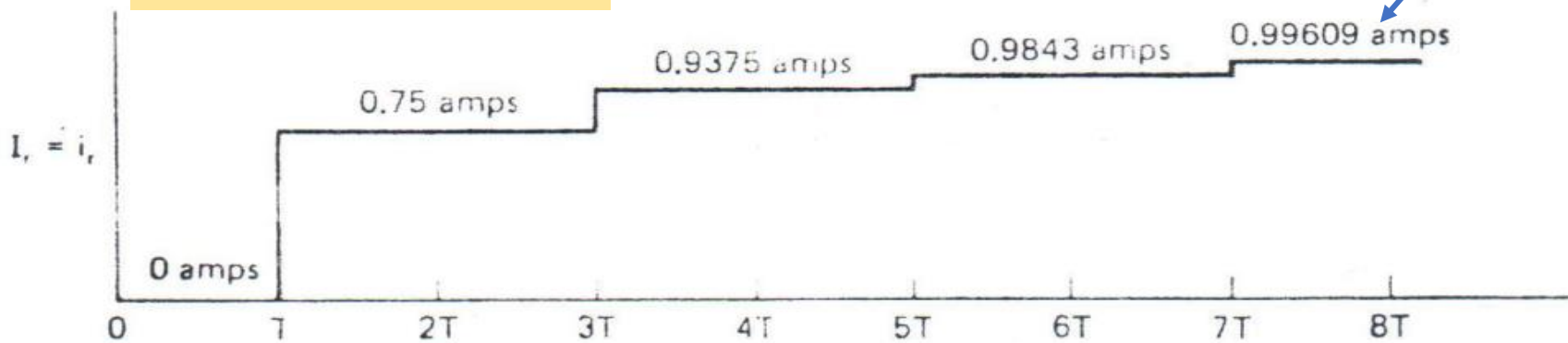
$$I^{reg} = \frac{V_G}{Z_G + Z_L} = \frac{300}{150 + 150} = 1 \text{ A}$$



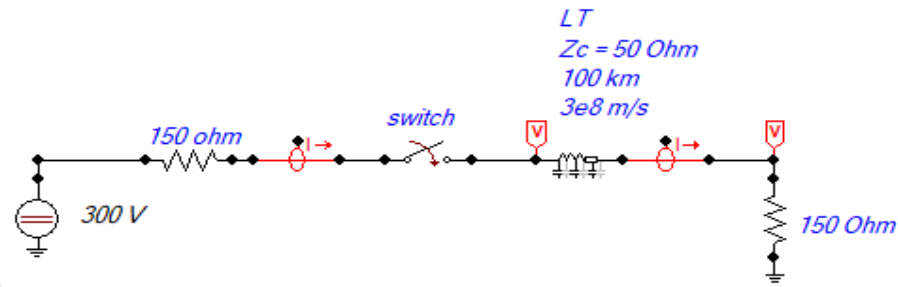
$I_k$  - corrente no emissor



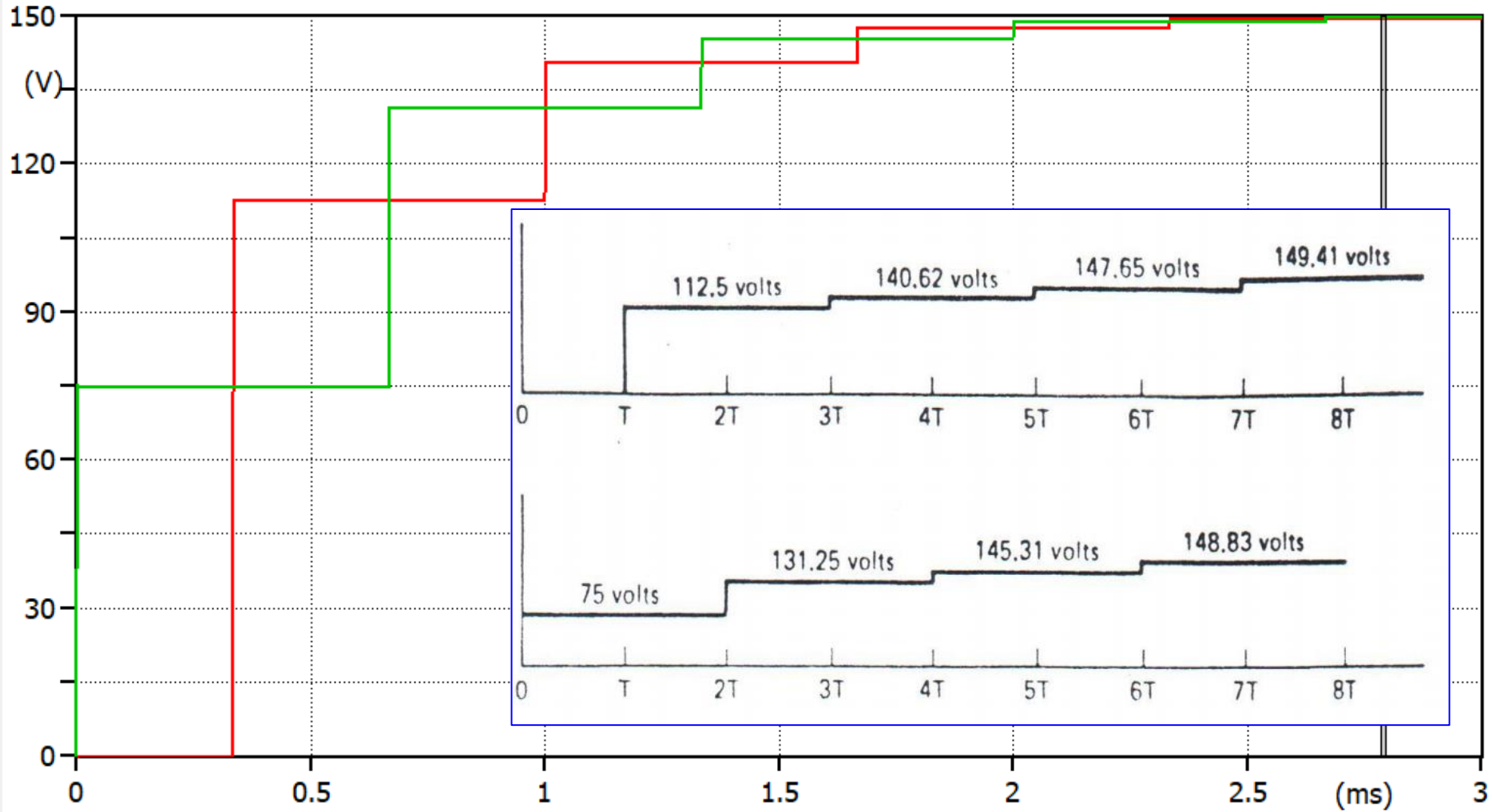
$I_m$  - corretor no receptor



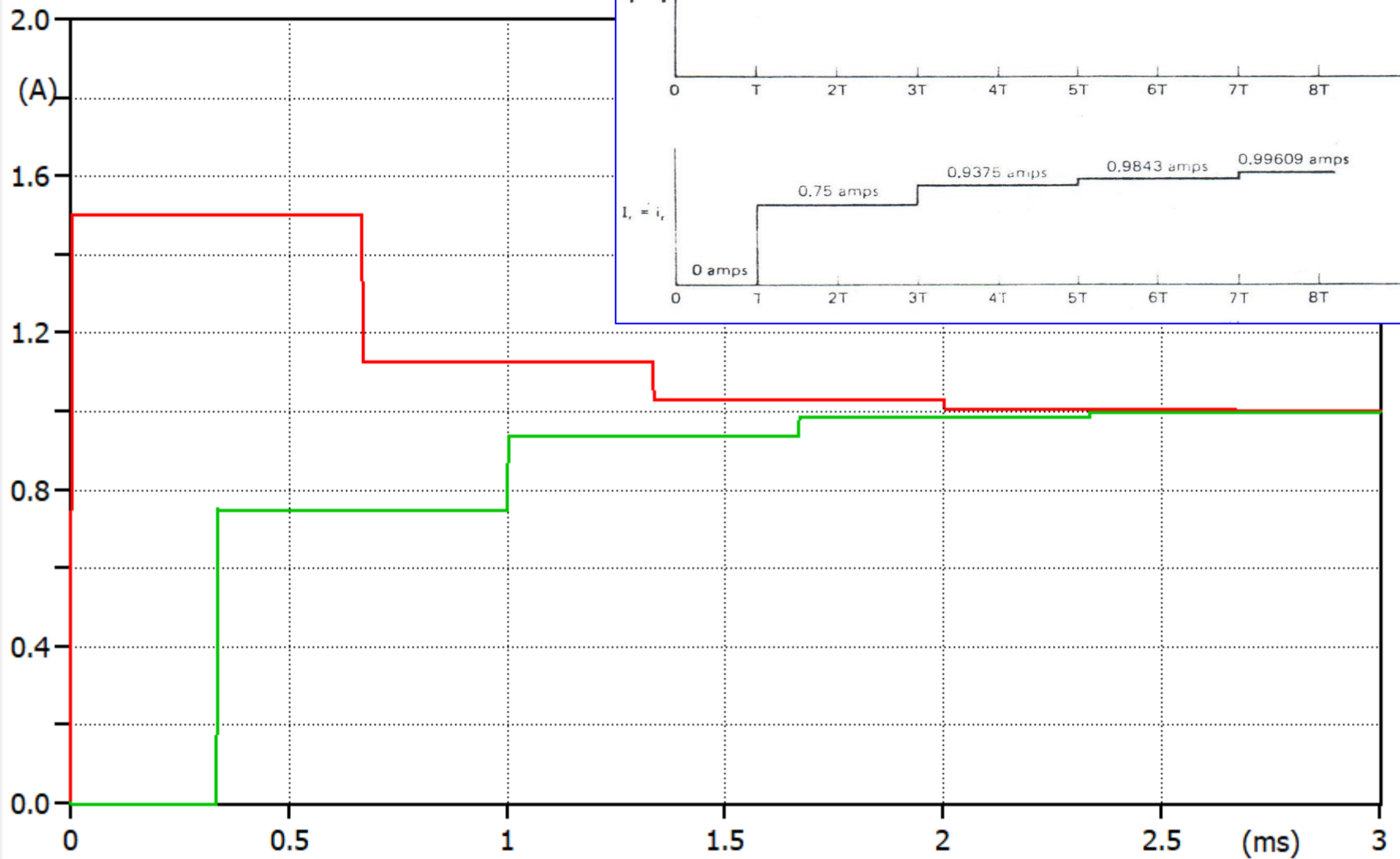
# Comparação com o ATP



MC's PlotXY - Plot 1

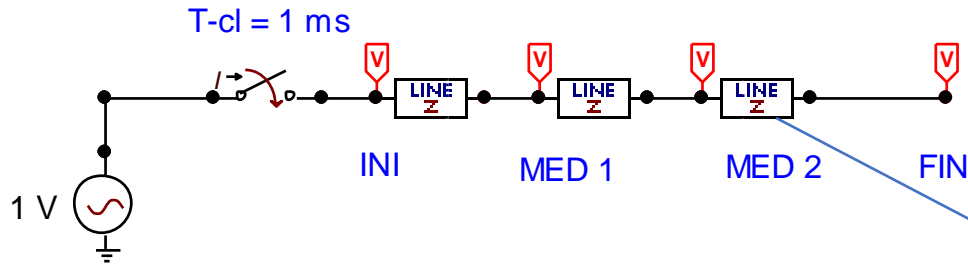


(file exemplo\_aula.pl4; x-var t) v:XX0004 v:XX0003



(file exemplo\_aula.pl4; x-var t) c:XX0008-XX0005 c:XX0001-XX0007





Datos para las líneas:  
 $R/L = 0 \text{ ohm/m}$   
 $Z_c = 500 \text{ ohm}$   
 $v = 300000000 \text{ m/s}$   
 $L = 100 \text{ km}$

- Probes & 3-phase
- Branch Linear
- Branch Nonlinear
- Lines/Cables**
- Switches
- Sources
- Machines
- Transformers
- MODELS
- IACS
- User Specified
- Steady-state
- Power system tools
- All standard comp...
- Add Objects

- Lumped
- Distributed**
  - Transposed lines (Clarke)
    - 1 phase
  - Untransp. lines (KCLee)
    - 2 phase
- LCC template
- LCC section
- LCC EGM
- Read PCH file...

LINE: LINEZT\_1

Attributes

DATA	UNIT	VALUE
R	Ohm/m	0
Z	ohm	500
v	m/s	300000000

NODE	PHASE	NAME
From	1	
To	1	

Order: 0    Label:

Comment:

Lines: Length  [m]    Output:

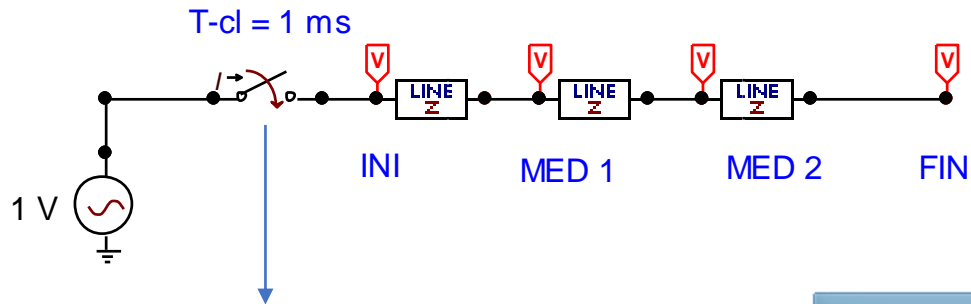
ILINE:  L', C'     Z, v     Z, tau

Conductance:  G=0     G=R\*C/L

Hide     \$Vintage,1

Edit definitions            33 Help

*Verificar siempre as unidades*



Datos para las líneas:  
 R/L = 0 ohm/m  
 Zc = 500 ohm  
 v = 300000000 m/s  
 L = 100 km

- Probes & 3-phase
- Branch Linear
- Branch Nonlinear
- Lines/Cables
- Switches**
  - Switch time controlled
  - Switch time 3-ph
  - Switch voltage contr.
  - Diode (type 11)
  - Valve (type 11)
  - Triac (type 12)
  - IACS switch (type 13)
  - Measuring
  - Statistic switch
  - Systematic switch
  - Nonlinear diode
- Sources
- Machines
- Transformers
- MODELS
- IACS
- User Specified
- Steady-state
- Power system tools
- All standard comp...
- Add Objects



Component: TSWITCH

Attributes Characteristic

DATA	UNIT	VALUE
T-cl	s	0
T-op	s	-1
Imar	Amps	0
T-recl	s	0.001
T-reop	s	0

NODE	PHASE	NAME
From	1	
To	1	

Copy Paste Reset Order: 0 Label: [ ]

Comment: [ ]

Output: 0 - No

Hide [ ]

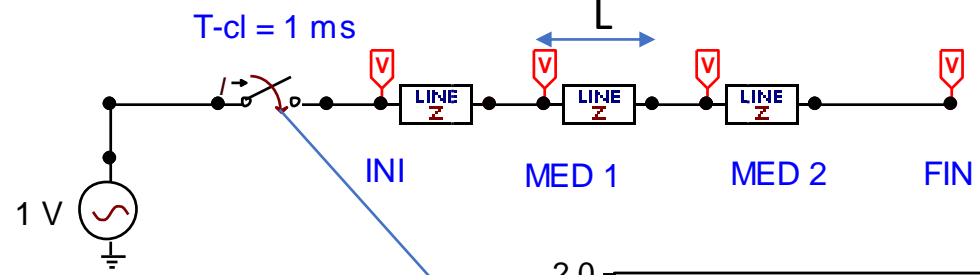
NumPh 1

Edit definitions OK Cancel Help

# Simulação de manobras em linhas de transmissão

❖ Exemplo 5: Linha de transmissão, propagação de ondas viajantes

Cada bloco LINE Z tem



Datos para las líneas:  
 R/L = 0 ohm/m  
 Zc = 500 ohm  
 v = 300000000 m/s  
 L = 100 km

$$\tau' = \frac{L}{v} = 0,33 \text{ ms}$$

$$\tau = 3 \tau' \approx 1 \text{ ms}$$

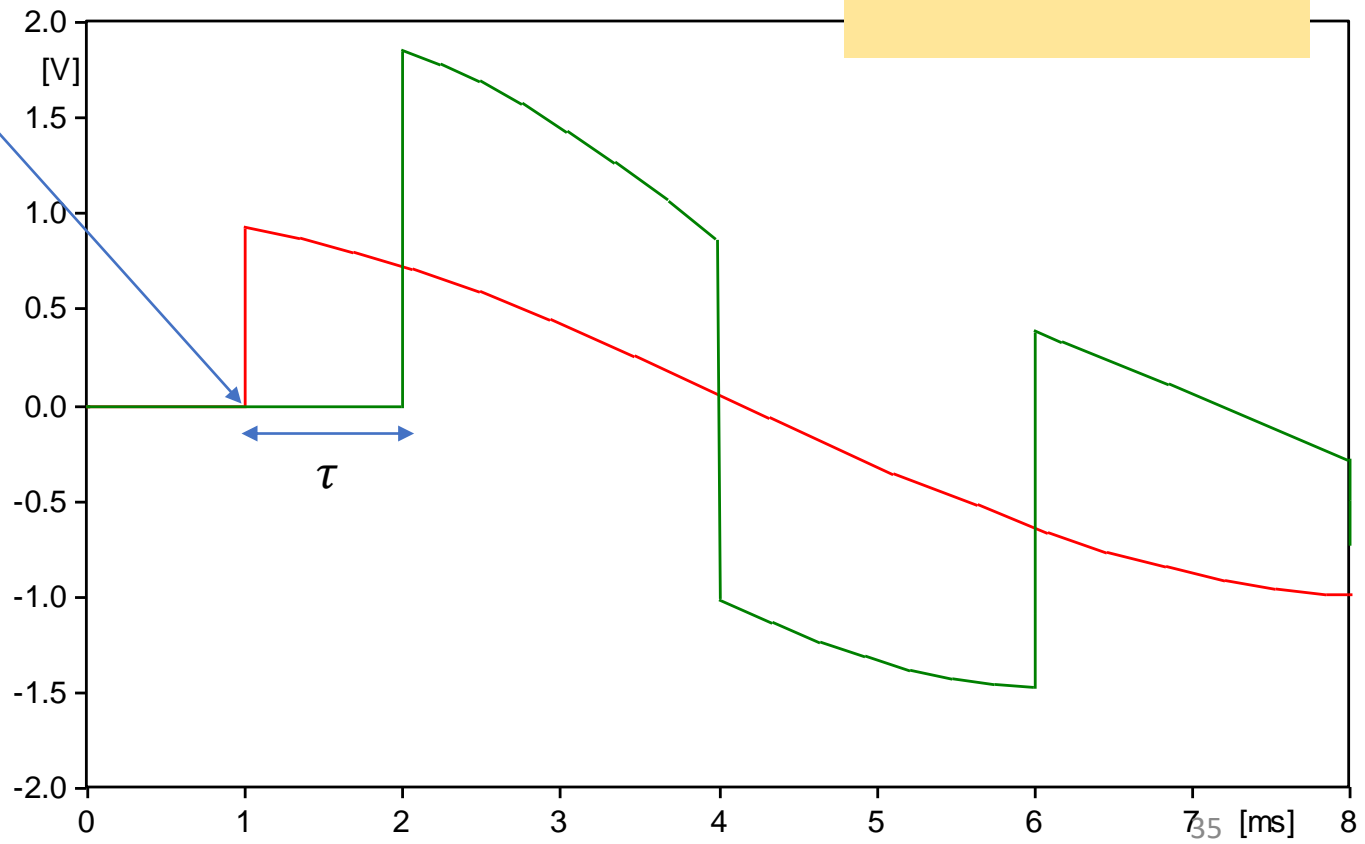
Fonte AC  
 1 V/60 Hz

Component: ACSOURCE

DATA	UNIT	VALUE
AmplitudeA	Volt	1
Frequency	Hz	60
PhaseAngleA	degrees	0
StartA	sec	-1
StopA	sec	100

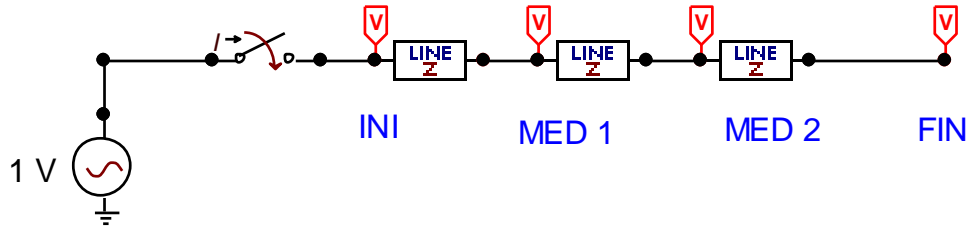
Buttons: Copy, Paste, Reset, Ord

Comment: \_\_\_\_\_



(file 03\_OndasViajerasLinea1f\_Jaimis.pl4; x-v ar t) v:INI v:FIN

$T_{cl} = 1 \text{ ms}$



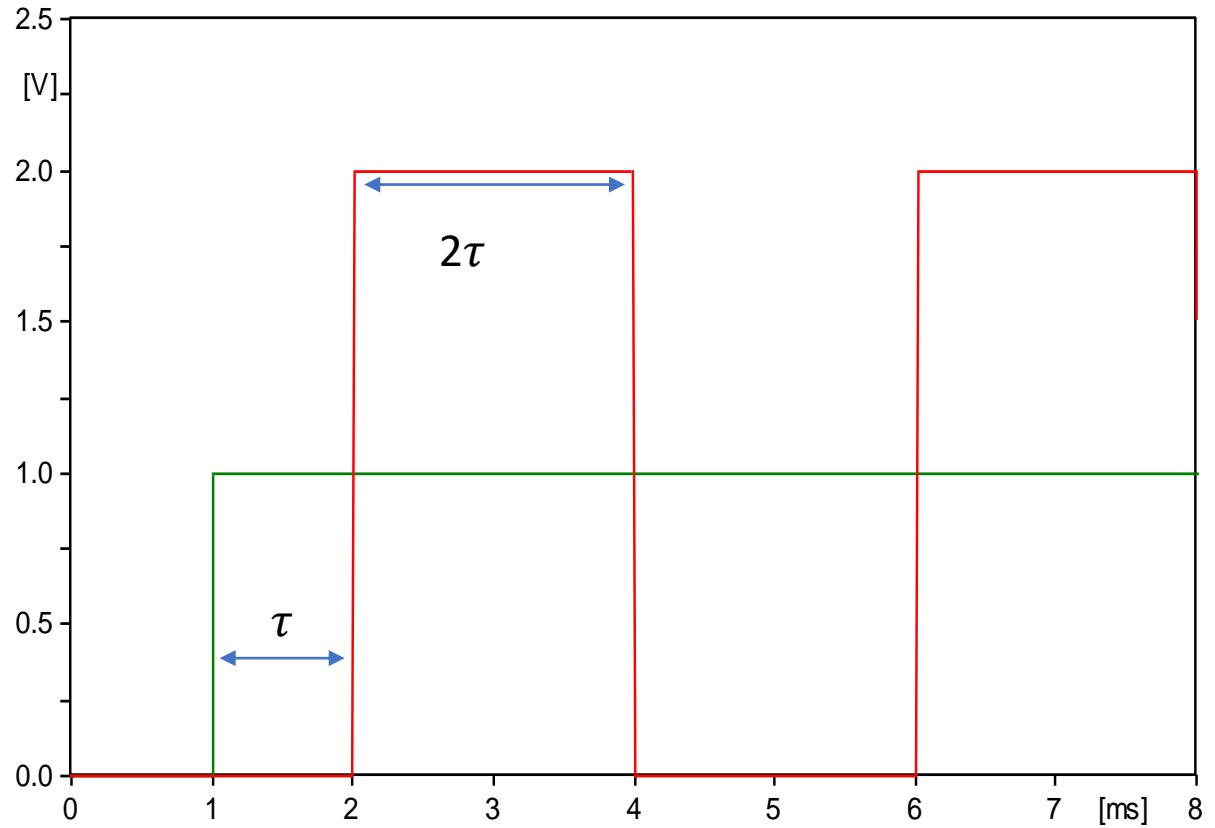
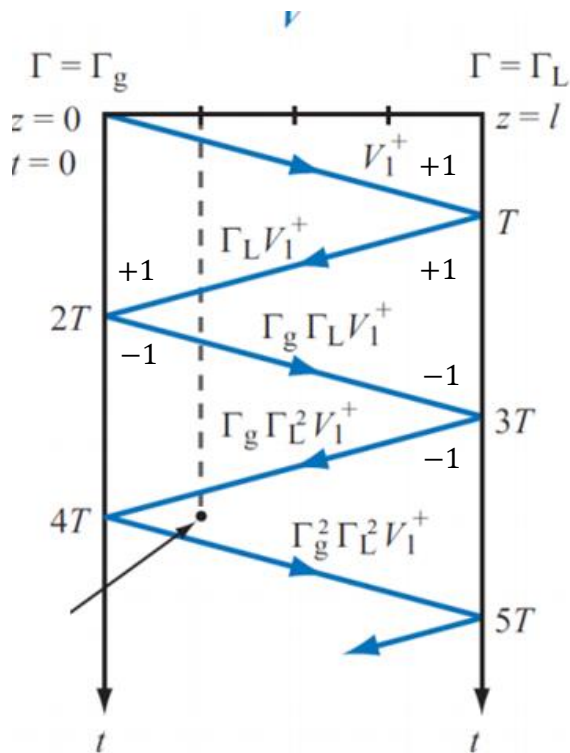
Datos para las líneas:  
 $R/L = 0 \text{ ohm/m}$   
 $Z_c = 500 \text{ ohm}$   
 $v = 300000000 \text{ m/s}$   
 $L = 100 \text{ km}$

Fonte DC 1 V

LT em aberto no terminal receptor  
 $(Z \rightarrow \infty)$   
 Gerador ideal

$$\Gamma_G = \frac{0 - 500}{0 + 500} = -1$$

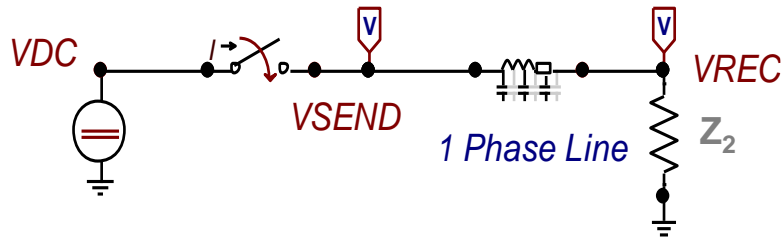
$$\Gamma_L = \frac{\infty - 500}{\infty + 500} = 1$$



(file 03\_OndasViajerasLinea1f\_Jaimis.pl4; x-var t) v:INI v:FIN

# Simulação de manobras em linhas de transmissão.

## ❖ Energização de Linha de transmissão com diversas cargas resistivas



Dados para a LT  
 $R' = 0 \text{ ohm/km}$   
 $L' = 1 \text{ mH/km}$   
 $C' = 11.5 \text{ nF/km}$   
 $d = 100 \text{ km}$

$$v = \frac{1}{\sqrt{L'.C'}} \quad v = 2.95 \times 10^5 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

$$\tau = \frac{d}{v} \quad \tau = 3.3912 \times 10^{-4} \text{ s} \quad \approx 0.33 \text{ ms}$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{L'}{C'}} \quad Z_c = 294.88 \text{ } \Omega \quad \approx 300 \text{ } \Omega$$

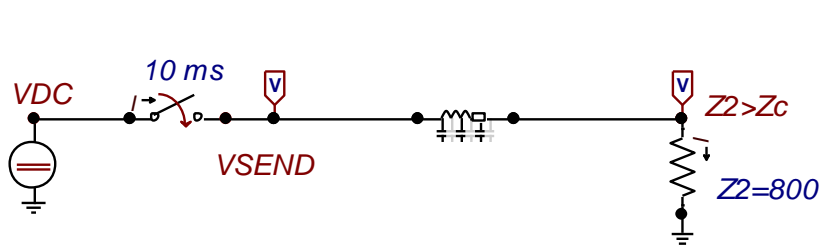
Vdc = 100 kV

### ❑ Casos de tensões a analisar:

- Tensão no receptor para o caso que  $Z_2 > Z_c$
- Tensão no receptor para o caso que  $Z_2 < Z_c$
- Tensão no receptor para o caso que  $Z_2 = Z_c$

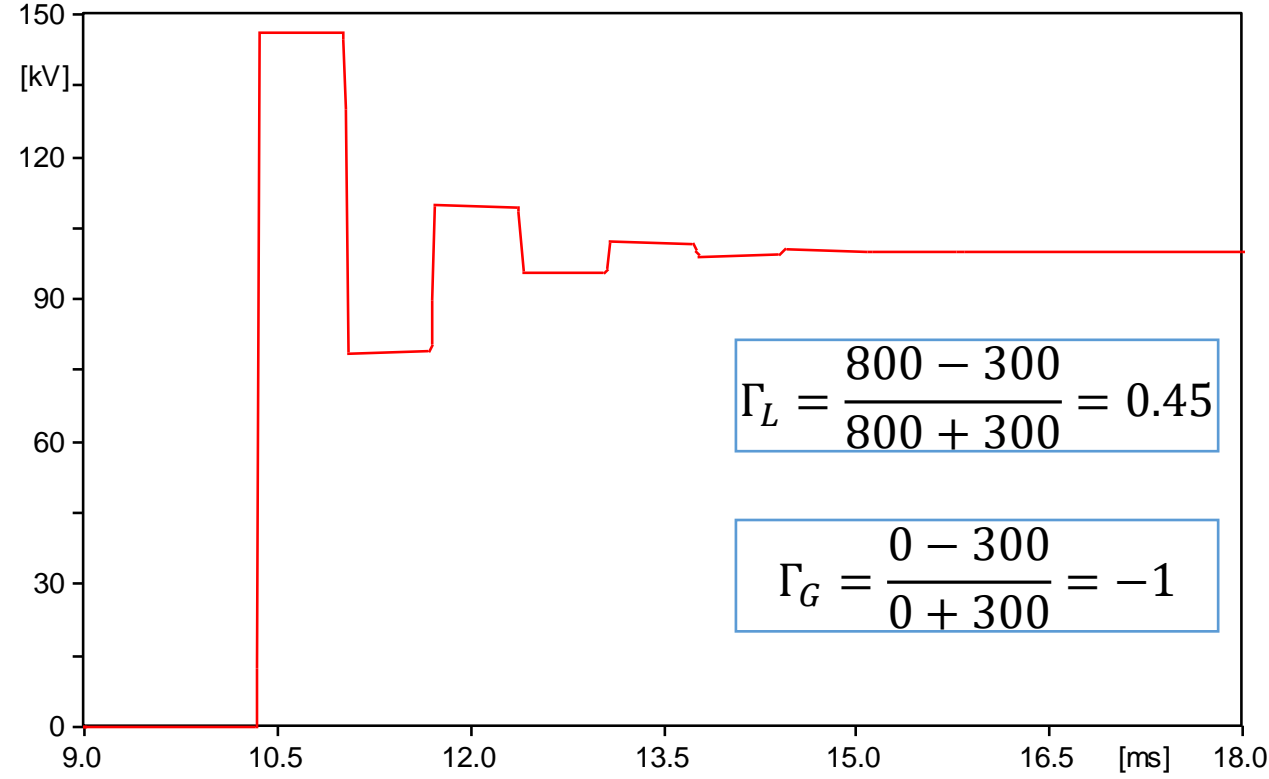
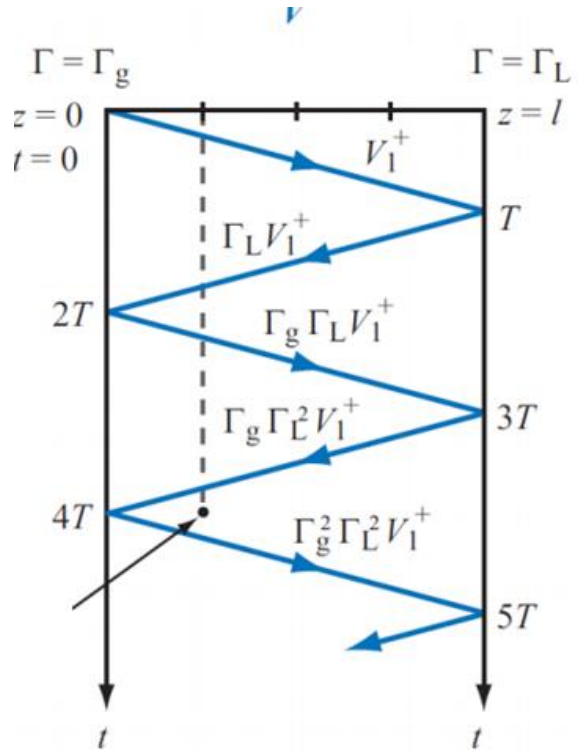
# Simulação de manobras em linhas de transmissão.

❖ Exemplo 6: Linha de transmissão, comparação modelo de circuito PI e Bergeron



$Z_c = 294.88\Omega$

Tensão no receptor para o caso que  $Z_2 > Z_C$

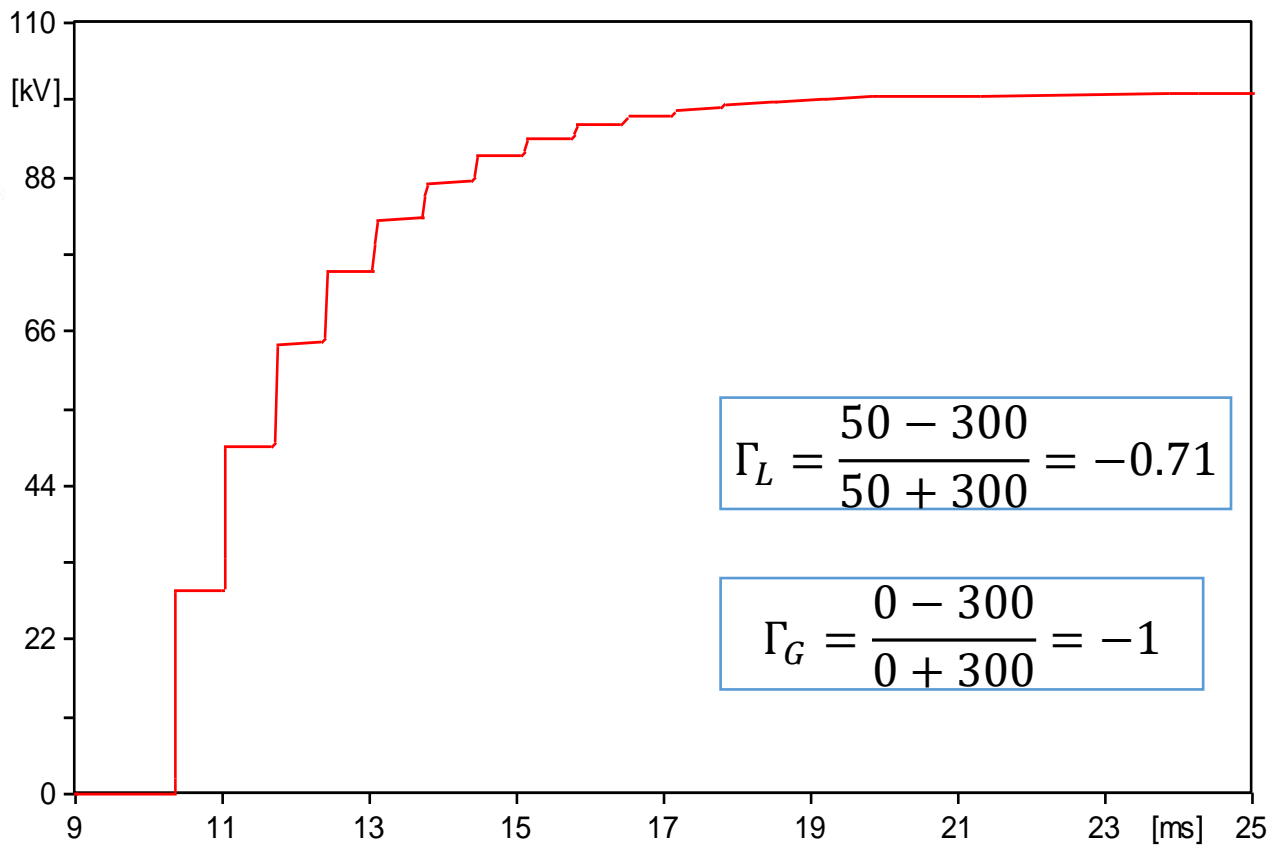
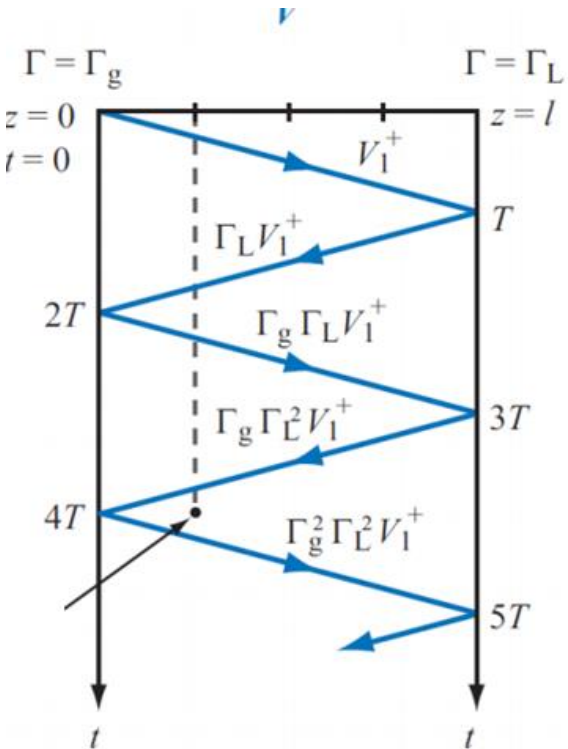
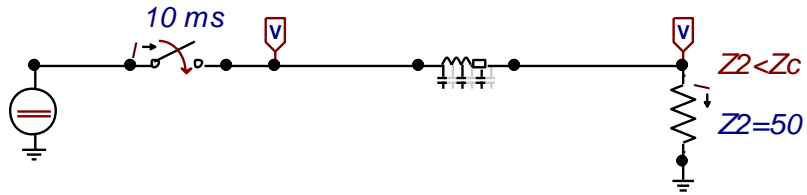


$$\Gamma_L = \frac{800 - 300}{800 + 300} = 0.45$$

$$\Gamma_G = \frac{0 - 300}{0 + 300} = -1$$

(file Exercise\_3\_Resistor.pl4; x-v ar t) v:VREC

# Simulação de manobras em linhas de transmissão.



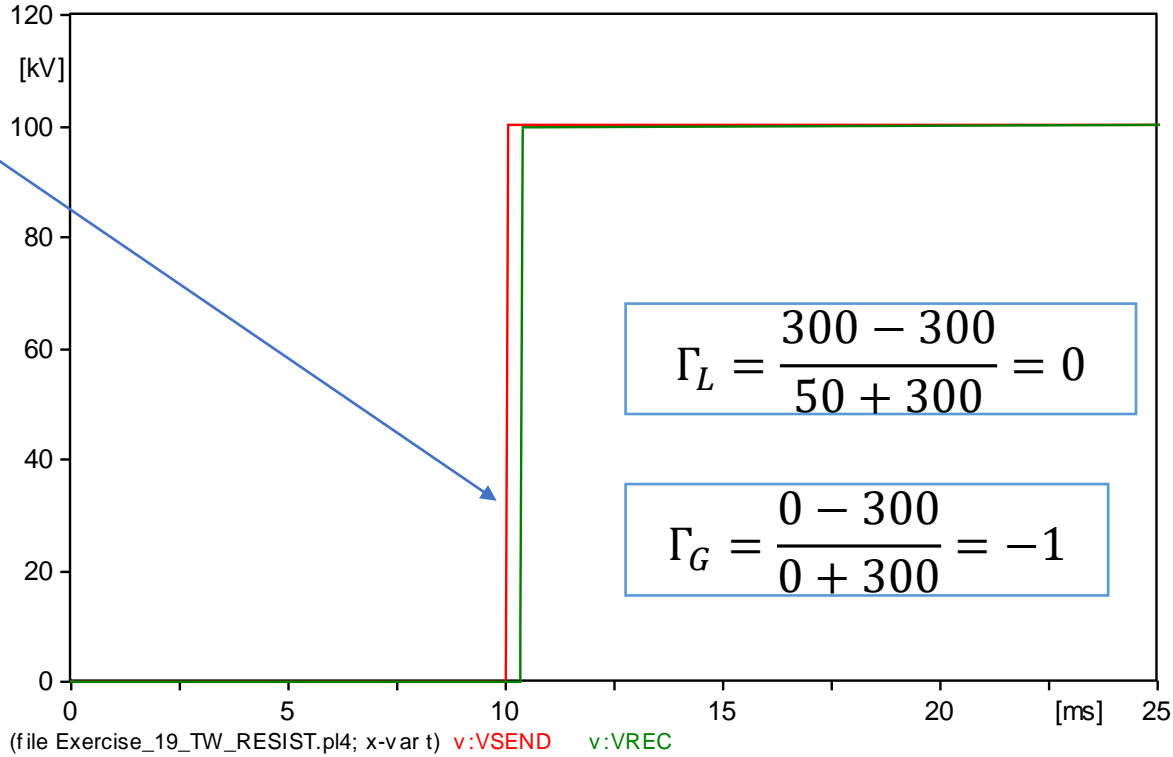
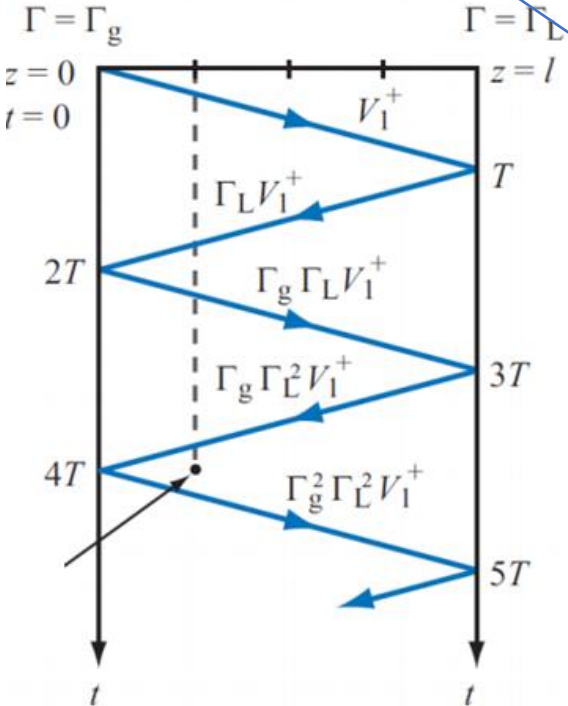
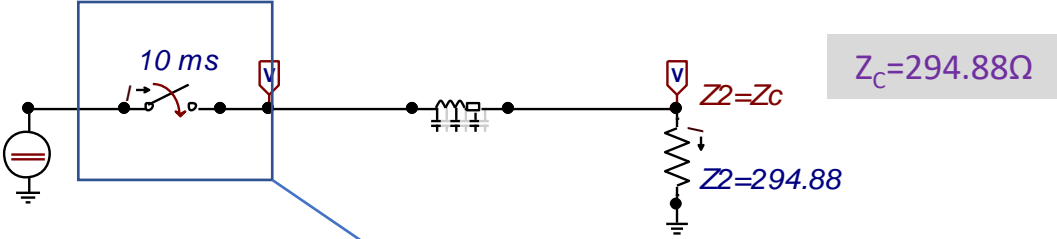
$$\Gamma_L = \frac{50 - 300}{50 + 300} = -0.71$$

$$\Gamma_G = \frac{0 - 300}{0 + 300} = -1$$

ile Exercise\_3\_Resistor.pl4; x-var t) v:VREC

# Simulação de manobras em linhas de transmissão.

## Exemplo 6: Linha de transmissão, comparação modelo de circuito PI e Bergeron



Tensão no receptor para o caso que  $Z2 = Zc$



site

Acesso à Informação

BRASIL

Ir para conteúdo | Ir para menu | Ir para rodapé | Contraste | Acessibilidade | Acesso à Informação | Portal da UFC

Procurar...

Universidade Federal do Ceará  
IMPrensa UNIVERSITÁRIA / EDIÇÕES UFC



EDIÇÕES  
UFC



Início

Sobre a Editora da UFC

Catálogo

Livros Digitais

Produtos de Venda Proibida

Livraria da UFC

Fale Conosco

Você está aqui: Home > Catálogo > Engenharia Elétrica > Transmissão de Energia Elétrica em Corrente Alternada

## Transmissão de Energia Elétrica em Corrente Alternada



Este livro tem enfoque computacional através do uso do programa Alternative Transient Program (ATPdraw), que é um programa de uso mundial. A quantidade de exercícios resolvidos, incluindo simulações computacionais com o ATPdraw e códigos fonte em linguagem MATLAB tornam a obra didática e de fácil assimilação, mesmo para aqueles que são iniciantes no assunto.

A matéria apresentada ao longo do texto tem como objetivo que o leitor adquira conhecimentos suficientes para analisar a operação de linhas de transmissão aéreas em regime permanente e em regime transitório, além de realizar um projeto elétrico de uma linha de transmissão aérea. O livro pode ser utilizado em cursos de graduação e de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

**LIVRO DIGITAL:** [Download gratuito da obra](#)

### Dados da obra

Autores: **Ailson P. Moura, Adriano Aron F. Moura, Ednardo P. Rocha**

Numero de páginas: 353

ISBN: 978-85-7282-762-1

Ano: 2019

<http://www.editora.ufc.br/catalogo/76-engenharia-eletrica/979-transmissao-de-energia-eletrica-em-corrente-alternada>