

# Proteção e Automação de Sistemas Elétricos de Potência I

## Instrumentação

Giovanni Manassero Junior

Depto. de Engenharia de Energia e Automação Elétricas  
Escola Politécnica da USP

28 de agosto de 2017

# Introdução

- A função primordial dos transformadores de instrumentação é adequar a magnitude dos sinais medidos, para que possam ser utilizados pelos equipamentos de monitoramento, proteção e controle disponíveis nas subestações;
- Uma função secundária, porém não menos importante dos transformadores de instrumentação é proporcionar isolamento galvânica entre o sistema de potência e os equipamentos a ela conectados;

# Introdução

- Há duas classes de transformadores de instrumentação, que estão ligadas ao seu uso específico:
  - Medição: para efeito de faturamento de energia, portanto requerem uma precisão elevada;
  - Proteção e controle: para proteção do sistema de potência, portanto requerem uma faixa dinâmica de operação bastante extensa.

# Introdução

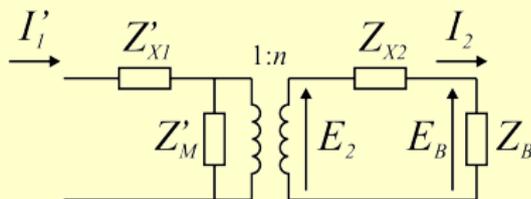
- Os valores de tensões e correntes típicos fornecidos pelos transformadores de instrumentação são:
  - TP's: 69,3 [V] para ligações fase-terra e 120 [V] para ligações fase-fase;
  - TC's: 1 ou 5 [A] para corrente nominal no primário.
- Esta padronização garante intercambiabilidade entre estes equipamentos e os relés;

# Introdução

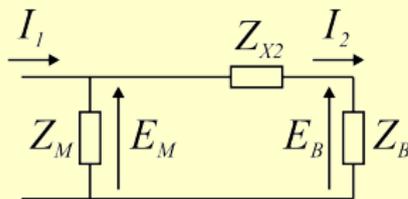
- Os transformadores de corrente (TC's) são equipamentos que fornecem uma corrente secundária proporcional à corrente primária, em condições normais de operação.
- Estes equipamentos são conectados em série com o sistema de potência, portanto são utilizados para suprir equipamentos que possuam baixa resistência elétrica;
- Os TC's podem ser classificados como:
  - TC's de medição: possuem elevada precisão para correntes de carga;
  - TC's de proteção: possuem uma elevada faixa dinâmica de operação.

# Modelo empregado na análise do comportamento do TC

- Modelo completo:



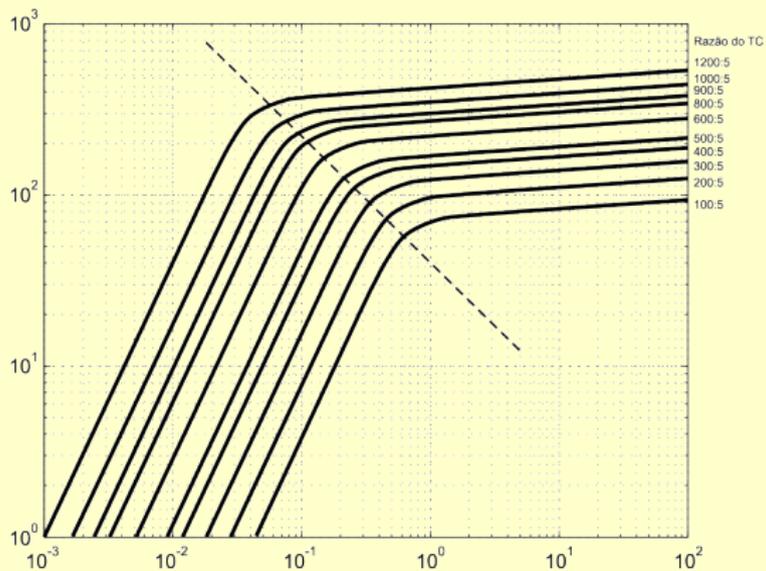
- Modelo referido ao secundário:



## Desempenho do TC

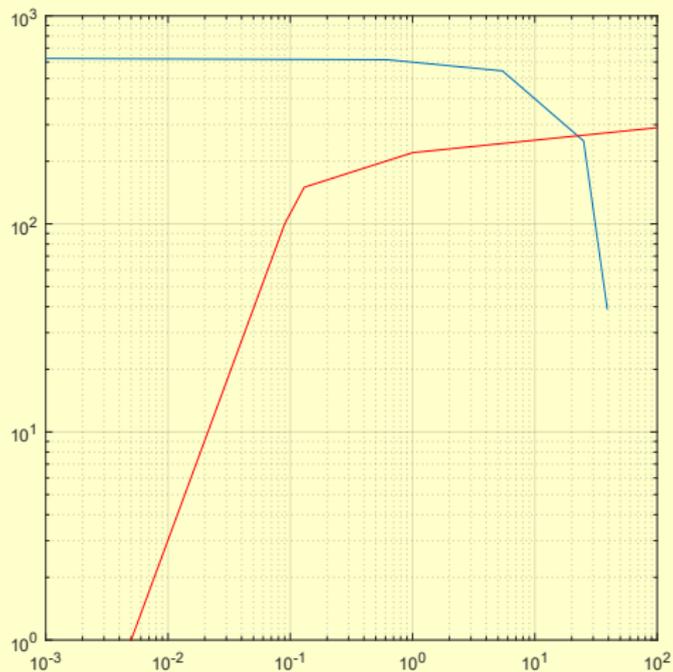
- A análise do desempenho de um transformador de corrente deve levar em consideração a resposta ao regime permanente e a resposta transitória.
- A análise do desempenho em regime permanente considera os erros produzidos pela corrente de magnetização do núcleo;
- A análise do desempenho em regime transitório considera dois aspectos:
  - Os erros produzidos pela saturação em C.A.
  - Os erros produzidos pela saturação em C.C.

# Erros produzidos pela saturação em C.A. – Curva de saturação do TC



# Erros produzidos pela saturação em C.A.

Exercício em sala



## Classes de precisão padronizadas dos TC's

- As classes de precisão da norma ABNT são definidas conforme a seguir:

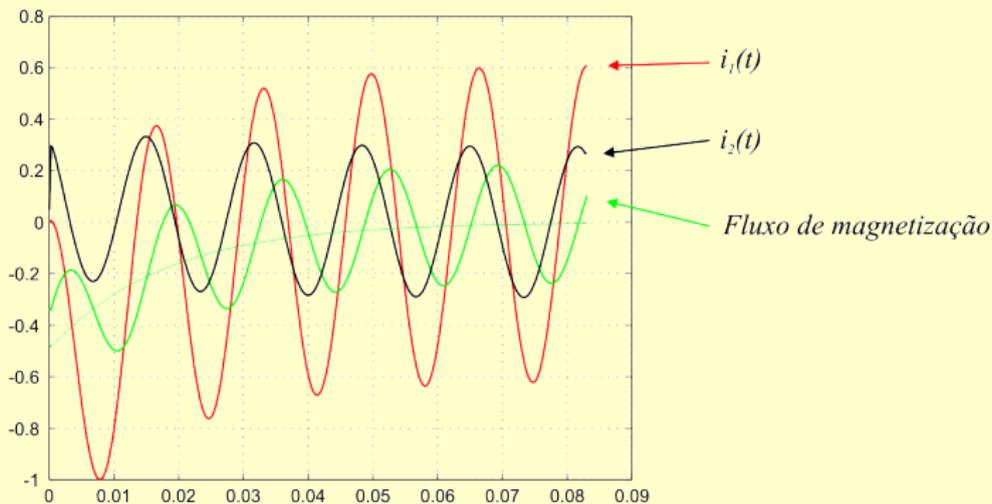
Precisão do TC ( $FCR - 1$ ) .100%	Impedância do secundário	Tensão Secundária [V]
5	A	100
		200
10	B	400
		800

A tensão secundária que o TC pode fornecer para uma carga padrão a 20x a corrente nominal sem exceder a precisão

- As cargas padronizadas pela ABNT são:

ABNT	$ Z  - [\Omega]$	[VA]	$\cos \phi$
C25	1.0	25	0,5
C50	2.0	50	0,5
C100	4.0	100	0,5
C200	8.0	200	0,5

## Erros produzidos pela saturação em C.C. – Curva da corrente no secundário do TC



## Problemas causados pela saturação do TC

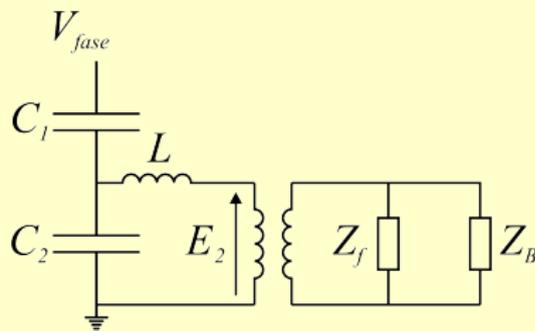
- Falha de operação (p. ex. proteção diferencial);
- Perda de seletividade;
- Perda de coordenação na proteção de neutro.

# Transformadores de potencial

- Os transformadores de potencial são transformadores cujo primário está conectado diretamente ao equipamento de alta tensão e o secundário está conectado aos relés e/ou aos demais equipamentos da subestação;
- Quando estes equipamentos estão conectados a linhas de transmissão e alta e extra-alta tensão, é comum utilizar um capacitor de acoplamento para reduzir o custo com a isolação do equipamento;
- Os TP's convencionais são dimensionados para operar corretamente, mesmo quando submetidos a sobretensões, desta forma, os efeitos de saturação são bastante reduzidos.

## Transformadores de Potencial Capacitivos

- O Transformador de Potencial Capacitivo pode ser representado conforme o diagrama elétrico a seguir:



# Comportamento dos Transformadores de Potencial Capacitivos sob falta

