1 – Introdução

Objetivo: SEP → Economia + Confiabilidade

Principais problemas a serem solucionados quando o sistema está sendo projetado ou operado:

- ***Fluxo de Potência*: correntes e potências transferidas ao longo do sistema, magnitude das tensões.**

- ***Cálculo de Curto-Circuito:* cálculos para assegurar que os equipamentos não serão destruídos devido as solicitações de corrente de curto-circuito; regulagem dos relés.**

- ***Estabilidade:* assegurar que as máquinas rotativas conectadas ao sistema permanecerão estáveis em operação e que não ocorrerão instabilidades térmicas de tensão.**

1 – Introdução

- ***Transitórios Eletromagnéticos*: análises computacionais de efeitos de, por ex., descargas atmosféricas, chaveamentos ou mesmo CC. Programas especializados: ATP, Microtran , etc.**

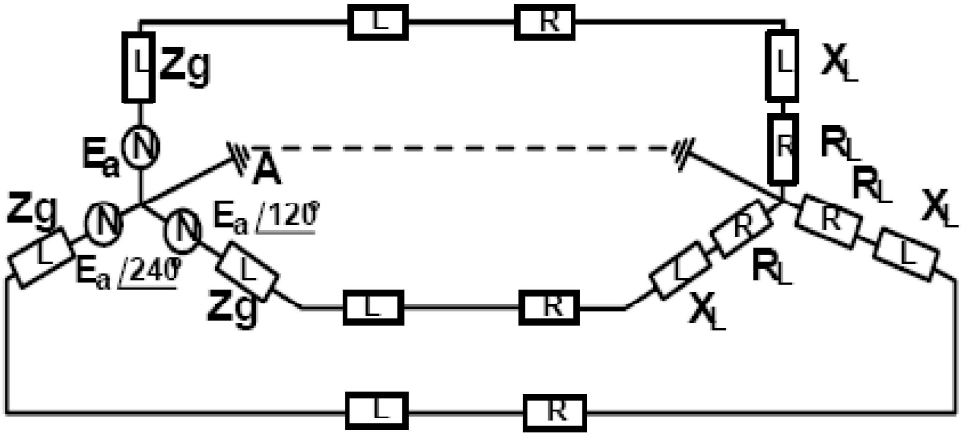
- ***Harmônicos:* Analisar efeito de correntes e tensões harmônicas no sistema. Qualidade da Energia.**

Todas essas análises são realizadas através de programas digitais e o engenheiro elétrico deve estar preparado para lidar com eles. Ex: *Power Factory, Cape, ATP, etc*

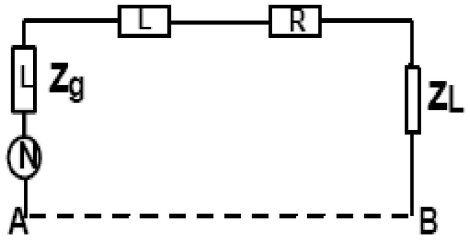
LSEE

Diagrama Unifilar (Revisão)

Gerador suprindo uma carga trifásica equilibrada através de LT

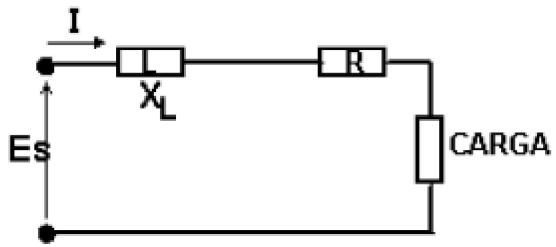


Circuito Equivalente Monofásico

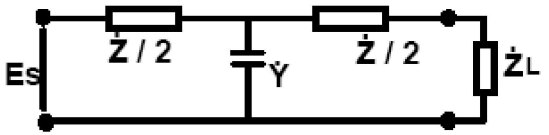


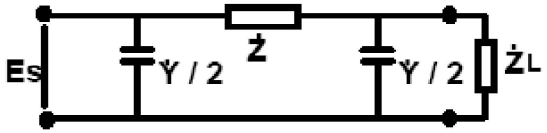
Modelo das Linhas

Linhas Curtas- até 80 Km

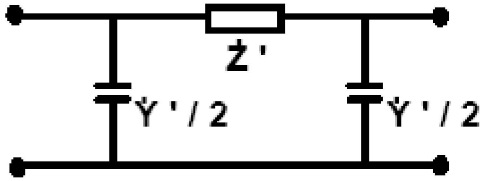


Linhas Médias-entre 80-250 Km



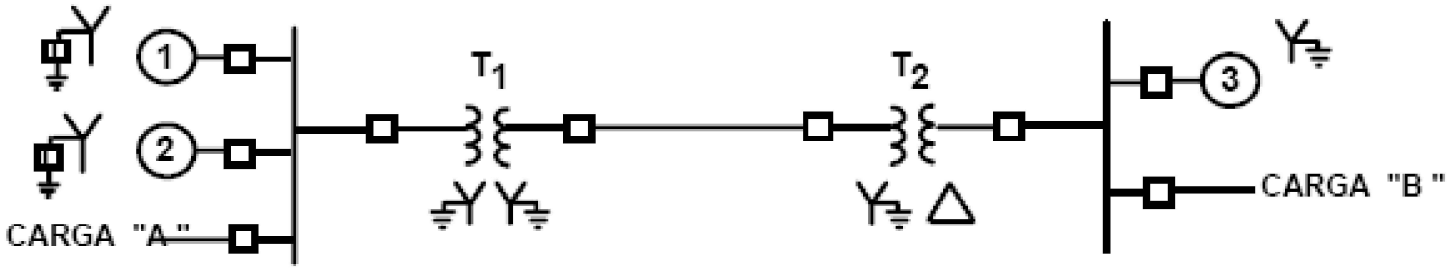


Linhas Longas- acima de 250 Km



Parâmetros distribuídos- Circuito pi equivalente.

Quantidades “por unidade”- p.u.



- Gerador 1: 20 MVA; 6,6 KV; X”: reatância subtransitória = 0,655 Ω
- Gerador 2: 10 MVA; 6,6 KV; X”: 1,31Ω
- Gerador 3: 30 MVA; 3,81KV; X”: 0,1452Ω
- T_1 e T_2 : trafos em bancos trifásicos.
  - Potência de cada transformador: M: 10 MVA;
  - 3,81KV/38, 1KV;
  - X = 14,52Ω (impedância total equivalente referida à alta tensão, ou seja, referida ao secundário).
- Reatância da L.T.: 17,4Ω
- Carga “A” = 15 MW, 3,81KV, fP = 0,9 (atraso)
- Carga “B” = 30 MW, 3,81KV, fP = 0,9 (atraso)

LSEE

2 - Classificação dos Transitórios do Sistema

Dependendo da velocidade dos transitórios pode-se agrupá-los em:

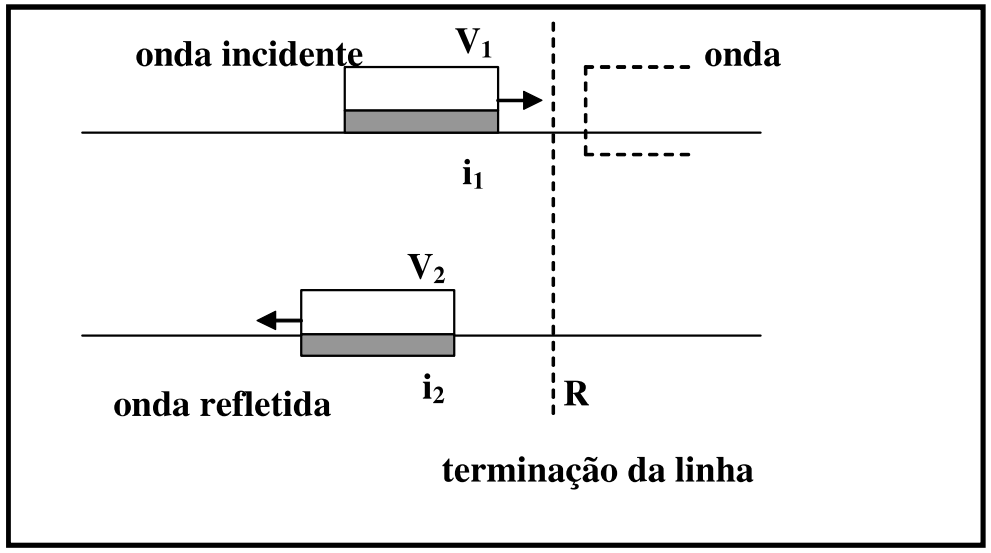
- **Classe A -** Transitórios Ultra-Rápidos (Fenômenos de surto)
- **Classe B -** Transitórios Meio-Rápidos (Fenômeno de Curto-Circuito)
- **Classe C -** Transitórios Lentos (Estabilidade Transitória)

LSEE

Classe A - Transitórios Ultra-Rápidos (Fenômenos de surto)

- É causado por descargas atmosféricas nas Linhas de Transmissão (LTs) expostas ou pelas mudanças abruptas na rede resultantes de operação de chaveamento.

- Estes transitórios são de natureza inteiramente elétrica ➔ onda eletromagnética (ondas refletidas nos terminais da linha).



LSEE

Classe A - Transitórios Ultra-Rápidos (Fenômenos de surto)

- Os fenômenos associados a essas ondas ocorrem nos primeiros milisegundos após o seu início.

- Essas cargas podem ser descarregadas através de *pára-raios* ➔ servem como *"válvulas de segurança"*.

- A maior razão de estudar os transitórios classe A é obter uma base para a escolha do nível de isolação do equipamento da linha.

LSEE Classe B - Transitórios Meio-Rápidos (Fenômeno de Curto-Circuito)

- Transitórios causados por mudanças estruturais abruptas e anormais ➔ curto-circuito no sistema.

- A maioria ocorre nas LT expostas:
  - rompimento de isolação;
  - sal nos isoladores;
  - pássaros e causas mecânicas.

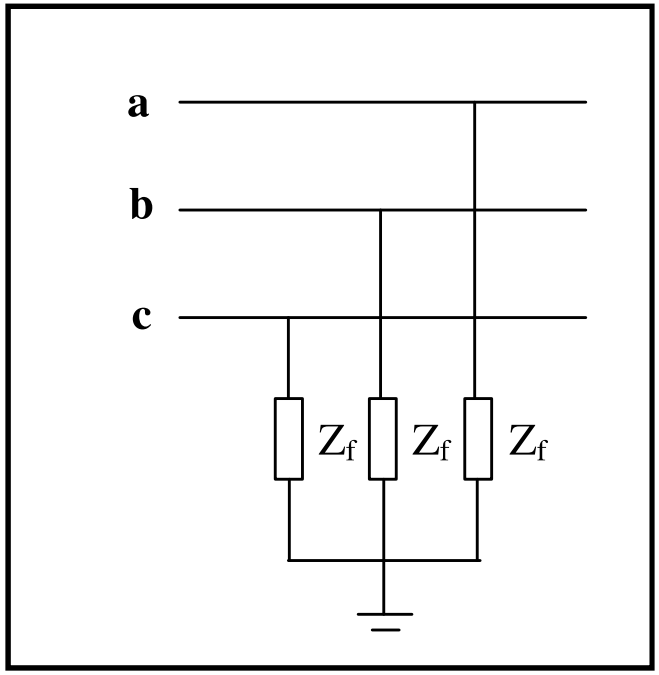
- Por ordem de gravidade podem ser divididas em:
  - Curto-Circuito nas três fases
  - Curto-Circuito de duas fases
  - Curto-Circuito fase-Terra

LSEE

Classe B - Transitórios Meio-Rápidos (Fenômeno de Curto-Circuito)

- Curto-circuito metálico (ou sólido), simétrico (ou equilibrado) nas três fases.

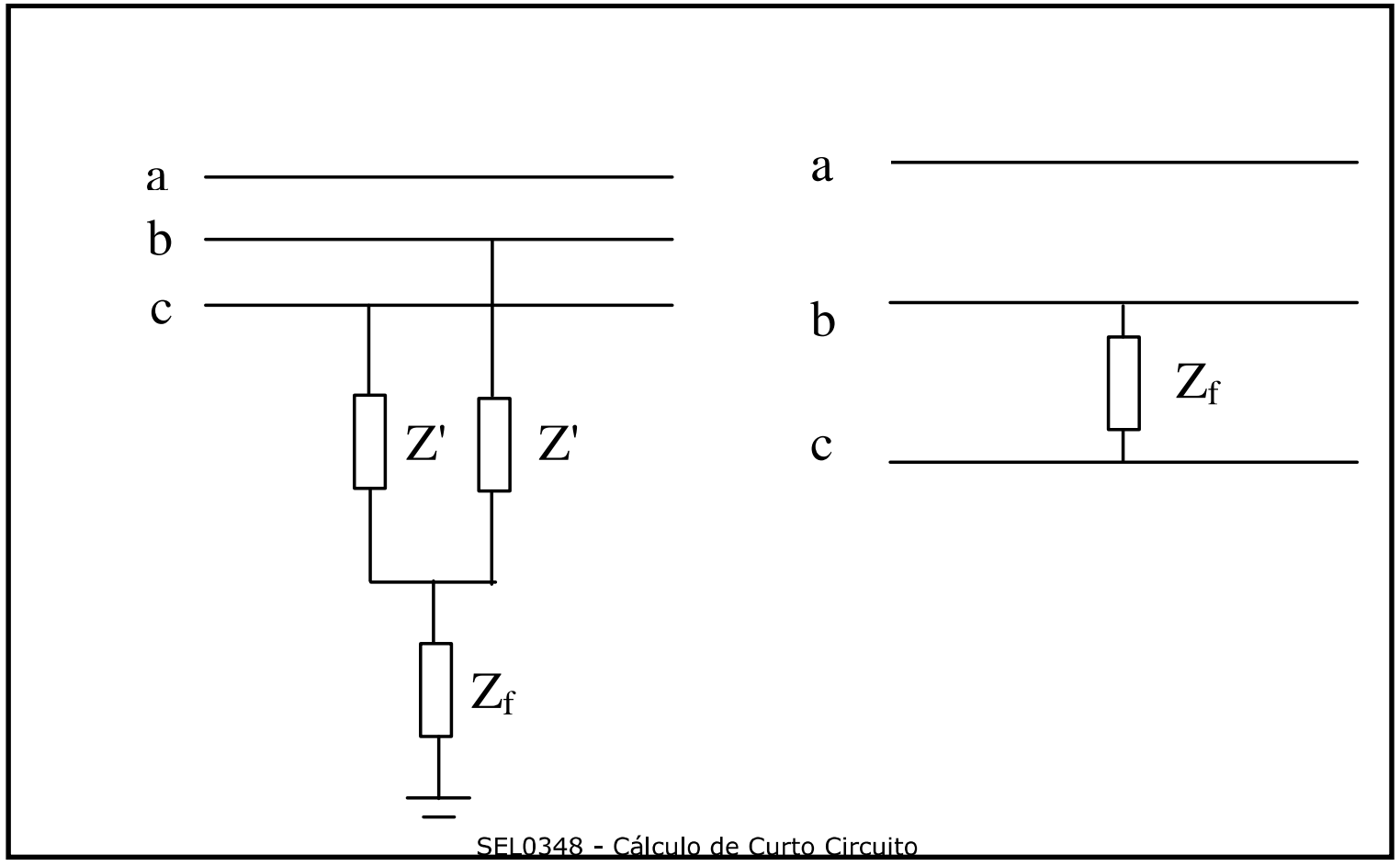
A capacidade de transmissão é reduzida a zero.



LSEE

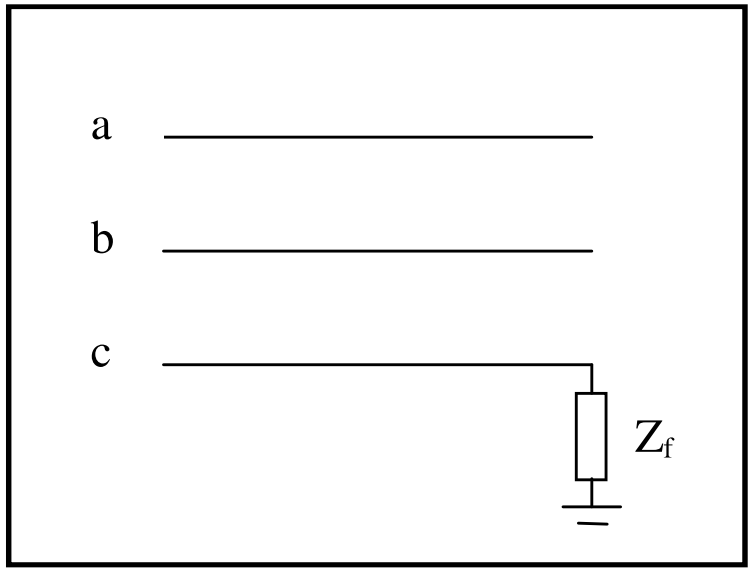
Classe B - Transitórios Meio-Rápidos (Fenômeno de Curto-Circuito)

- Curto-circuito de duas fases



Classe B - Transitórios Meio-Rápidos (Fenômeno de Curto-Circuito)

- Curto-circuito fase-terra



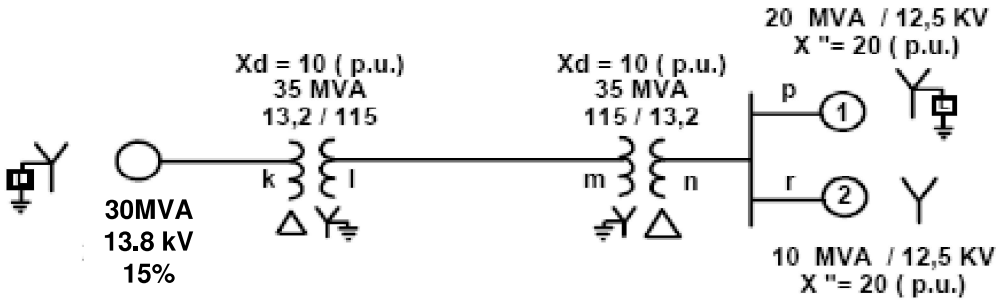
LSEE

Classe B - Transitórios Meio-Rápidos (Fenômeno de Curto-Circuito)

- Transitórios também de natureza puramente elétrica: os primeiros 10 ciclos das correntes CC são os de maior importância prática.
- As correntes CC podem atingir valores muito altos e se persistirem, podem causar danos térmicos ao equipamento e dará origem a oscilações mecânicas no gerador.
- Deve-se então isolar a falta ➔ PROTEÇÃO DO SISTEMA ➔O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL, isolando a menor parte possível do sistema.
- O cálculo das correntes/tensões CC são importantes para seleção *da capacidade de interrupção dos disjuntores e para chaveamento seletivo dos relés.*

LSEE Classe C - Transitórios Lentos (Estabilidade Transitória):

- Transitório classe A ➔ transitório classe B.
- Se a parte faltosa não for desligada a situação vai evoluir para o tipo mais perigoso de situação transitória - oscilações mecânicas nos rotores das máquinas síncronas.
- Esses transitórios eletromecânicos podem tirar algumas ou todas as máquinas do sincronismo ➔ diz-se que o sistema atingiu o seu limite de estabilidade transitória.

Um exemplo de cálculo p.u.

Um gerador trifásico de 30 MVA, 13,8 KV, possui uma reatância subtransitória de 15%. Ele alimenta dois motores através de uma L.T. com dois trafos nas extremidades, conforme diagrama unifilar. Os valores nominais dos motores são 20 e 10 MVA, ambos com 20% de reatância subtransitória. os trafos trifásicos são ambos de 35 MVA, 13,2 Δ - 115Y(KV), com reatância de dispersão de 10%. A reatância em série de L.T. é 80Ω. Faça o diagrama de reatâncias com todos os valores em p.u.. Escolha os valores nominais do gerador como base no circuito do próprio gerador.