

LABORATÓRIO DE SISTEMAS DE POTÊNCIA

EXPERIÊNCIA: CURTO-CIRCUITO - 2016

RELATÓRIO

NOTA

Alunos:

Professor:

Data:

1. OBJETIVOS DA EXPERIÊNCIA

- Aplicação de programas de curto-circuito;
- Familiarização com o uso de programas de curto-circuito;
- Familiarização com resultados de simulações de curto-circuito;
- Noções dos modelos utilizados pelos programas.

Comentários: Os sistemas de transmissão interligados ou as redes de distribuição têm milhares de nós, necessitando de programas de computador de grande porte para possibilitar a simulação do desempenho operacional ou de eventos que podem ocorrer como os curtos circuitos.

Os três estudos clássicos necessários para o dimensionamento dos sistemas interligados são os estudos de curto-circuito, fluxo de potência e de estabilidade.

As simulações de curto circuito são uma das mais relevantes e frequentes em estudos de planejamento da expansão e principalmente dos estudos operacionais.

2. PROGRAMAS DE CURTO-CIRCUITO - COMENTÁRIOS GERAIS

Introdução

Os resultados dos programas de curto circuito são utilizados para:

- a) especificação de equipamentos – chaves, disjuntores, pára-raios, através da verificação dos maiores níveis de correntes de curto circuito ou de sobretensões;
- b) ajuste e coordenação da proteção;
- c) análise (expedita) de desempenho de redes (exemplo: sobretensões em manobras de linhas ou bancos de capacitores).

3. CARACTERÍSTICAS E PARTICULARIDADES DOS PROGRAMAS DE CURTO-CIRCUITO

a) Métodos de Solução (componentes sequenciais ou de fase; métodos mistos)

- **Método das componentes simétricas**

Quando a modelagem for aplicável (não há impedâncias mútuas entre as sequências): caso de redes com linhas de transmissão com impedâncias equilibradas (linhas transpostas).

O método das componentes simétricas apresenta condições de contorno apenas para defeitos singelos.

- **Modelagem trifásica (componentes de fases e neutro)**

Aplicável para o caso geral (programa ATP).

- **Modelagem mista**

b) Etapas dos programas de Curto circuito

- Leitura de impedâncias (pu ou ohm)
- Cálculo dos valores pu
- Montagem da Matriz Y_{nodal}
- Montagem parcial ou total da matriz Z_{nodal} (cálculo coluna a coluna)
- Cálculo da corrente de curto circuito através das condições de contorno (modelagem por componentes simétricas)
- Cálculos das contribuições de correntes e cálculo das tensões durante o defeito
- Superposição com as condições de pré-falta

c) Comentários sobre os dados

- **Dados de Barras**

Identificação da barra, coordenadas geográficas, tensão nominal, cargas, elementos shunt (capacitores e reatores)

- **Dados de ligações (sequências positiva e zero)**

- dados dos parâmetros elétricos das linhas de transmissão (comprimento, $r_1, X_1, C_1, r_0, X_0, C_0$);
- ligações e taps dos transformadores. Parâmetros elétricos (r_t, x_t) normalmente são fornecidos na base da potência nominal do transformador);
- dados de geradores: potência nominal e reatâncias (x_d'' , x_d' e x_d).

- **Condição pré falta – considerar ou não**

Considerar, se causar impacto.

- **Impedâncias Mútuas**

As impedâncias mútuas de seqüência zero podem ser significativas para circuitos paralelos próximos.

- **Representações de elementos “shunt”** (reatores, capacitores e capacitâncias das LTs)

Só devem ser representados quando se for fazer a superposição com as condições em regime.

- **Resistências das linhas**

Muitos estudos de curto circuito em redes de transmissão não representam as resistências das linhas de transmissão. Veja por que:

Linhas de 500 kV → $x/r > 10$ (4 condutores por fase)

Linhas de 230 kV → x/r da ordem de 5 (1 condutor por fase)

Linhas de 138 kV → x/r da ordem de 2 a 3 (1 condutor por fase)

Linhas de 13,8 kV → x/r da ordem de 2 a 1/4

d) Estudos de Curto Circuito

- **Barras em Curto Circuito**

Função do estudo.

- **Resistências de Defeito**

Ajuste da proteção para curto circuito com menores correntes de curto circuito. Pode impactar muito a atuação da proteção.

Defeitos de alta impedância são mais difíceis de serem detectados.

- **Cálculo das Contribuições**

Importante para analisar a seletividade da proteção: trata-se dos fluxos de corrente no momento do curto circuito.

- **Tipos de Defeitos**

Aqueles que dão correntes de curto circuito máxima e mínima e fatores de sobretensão máximos.

- **Variáveis de interesse / tipo de defeito**

- Defeitos trifásicos e dupla – fase: apenas as correntes de defeito são importantes (as tensões resultantes são inferiores às nominais);
- Defeitos fase–terra e dupla fase a terra – correntes e fatores de sobretensão.

O que é fator de sobretensão (FS)?

Fator de sobretensão é o máximo valor de tensão, em pu, nas fases sãs, durante um curto circuito.

Exemplo: para curto circuito fase terra o fator de sobretensão aumenta conforme o sistema for menos aterrado.

- **Nível (potência) de curto-circuito**

$$S_{cc} = \sqrt{3}V_{linha}I_{cc}$$

- **Níveis de curto-circuito em função do tempo e modelagem de geradores e motores de indução**

- Valor da corrente de curto no instante inicial do defeito;
- Curto no instante da abertura;
- Curto a regime.

4. REDE DE TRANSMISSÃO – 500 kV

4.1 Dados



- gerador → 4 unidades de 250 MVA – 13,8 kV ; $x_d''d = 0,2$ pu ; $x_o = 0,2$ pu ; impedância de aterramento $x_g = 0$ (estrela rigidamente aterrado);
- transformador 13,8/500 kV → 4 unidades de 250 MVA ; $x_t = 0,1$ pu ; $x_o = 0,1$ pu , ligação Delta / Y aterrado;
- linha de transmissão → comprimento 400 km
 $r_1 = 0,025$ ohm/km ; $x_1 = 0,31$ ohm/km ; $c_1 = 13,0$ nF/km ;
 $r_0 = 0,300$ ohm/km ; $x_0 = 1,30$ ohm/km ; $c_0 = 7,0$ nF/km.

4.2 Análises Preliminares

- Analisar a topologia do Caso 1;
- Fazer os diagramas de seqüências para curto fase-terra e trifásico desprezando-se as resistências das linhas de transmissão;
- Fazer cálculo manual desta condição de curto circuito (sem resistências) e comparar com os resultados do programa;
- Analisar e comentar resultados do caso teste, analisando comparativamente os seguintes itens:
 - Tipo de Curto-circuito: discutir qual o mais severo.
 - Local de curto: Curto-circuito próximo ao gerador e curto no meio da LT ou no fim de linha;
 - Influência das resistências das linhas de transmissão;
 - Influência das ligações do transformador;
 - Influência do número de unidades geradoras.

Tabela 1 - Caso 1

Barra em curto-circuito	Tipo de Defeito	Trifásico	Dupla fase	Fase-terra	Dupla fase-terra
1	I_{cc} (kA)				B:
					C:
	FS (pu)	-	-	B:	
				C:	
2	I_{cc} (kA)				B:
					C:
	FS (pu)	-	-	B:	
				C:	
3	I_{cc} (kA)				B:
					C:
	FS (pu)	-	-	B:	
				C:	
4	I_{cc} (kA)				B:
					C:
	FS (pu)	-	-	B:	
				C:	

Análise de resultados

a) Tipo e defeito que ocasiona a maior ou menor corrente, separadamente para as barras 1, 2, 3 ou 4;

.....
.....
.....
.....
.....

b) Tipo de defeito que ocasiona a maior sobretensão, separadamente para as barras 1, 2, 3 e 4.

.....
.....
.....
.....
.....

c) Cálculo das potências de curto-circuito trifásico e fase-terra (barras 3 e 4)

.....
.....
.....
.....
.....

d) Decaimento dos níveis de curto circuito para defeitos (trifásico e fase-terra para defeitos se afastando dos geradores)

.....
.....
.....
.....
.....

Tabela 2 - Caso 2

Gerador com aterramento resistivo igual a 2 Ω (a partir do Caso 1)

Barra em curto	Tipo de Defeito	Trifásico	Fase-terra
1	I _{cc} (kA)		
	FS (pu)	-	B:
			C:
2	I _{cc} (kA)		
	FS (pu)	-	B:
			C:

Comentar a influência de aterrar o gerador.

.....

.....

.....

.....

.....

Tabela 3 - Caso 3

Influência da ligação do transformador no defeito fase-terra (a partir do Caso 1)

Primeiramente analisar os defeitos trifásicos e ver que estes não se alteram com a ligação do transformador e comentar o porquê. Verificar então os resultados do defeito fase-terra.

Defeito fase-terra

Barra em curto	Tipo de ligação do trafo	Delta-Yaterrado	Delta-Delta	Yaterrado-Delta	Yaterrado-Yaterrado
2	Icc (kA)				
	FS (pu)	B:	B:	B:	B:
		C:	C:	C:	C:
4	Icc (kA)				
	FS (pu)	B:	B:	B:	B:
		C:	C:	C:	C:

Comentários

.....

.....

.....

.....

.....

Tabela 4 - Caso 4

Influência de aumentar em 50% o número de unidades geradoras (a partir do Caso 1)

Barra em curto	Tipo de Defeito	Trifásico	Fase-terra
2	lcc (kA)		
	FS	-	B: C:
3	lcc (kA)		
	FS	-	B: C:
4	lcc (kA)		
	FS	-	B: C:

Comentário: variação porcentual dos níveis de curto-circuito entre o Caso 1 e o Caso 4.

.....

.....

.....

.....

.....