

PEA-2406

LABORATÓRIO DE SISTEMAS DE POTÊNCIA

COMPARAÇÃO DOS DIVERSOS TIPOS DE CURTO-CIRCUITO

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ENERGIA E
AUTOMAÇÃO ELÉTRICAS**

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

2002

PARTEII – APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DA TEORIA DE CURTO-CIRCUITO EM TRANSFORMADORES

Objetivo: Uso dos parâmetros e modelos determinados na parte i para verificação do comportamento de transformadores trifásicos quando submetidos a vários tipos de curto-circuito nos seus terminais ou na linha de alimentação. Também é objetivo explícito dos diferentes tipos desta experiência a comparação entre os efeitos dos diferentes tipos de curto sobre a mesma linha e o mesmo transformador.

1- INTRODUÇÃO

O método das componentes Simétricas é ferramenta usual para o estudo de curto-circuitos, na sua maioria assimétricos, nos sistemas trifásicos. A sua teoria é bastante conhecida e pode ser encontrada nas Referências 1 e 2 . Uma coletânea das fórmulas mais freqüentemente usadas é apresentada no item 4 desta apostila, para facilitar o trabalho.

Referência 1 – Robba, E. J. – Introdução a Sistemas Elétricos de Potência, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1973.

Referência 2 – Stevenson Jr. W.D. – Elementos de Análise de Sistemas de Potência, Editora McGraw Hill Ltda, São Paulo, 1986.

Esta experiência foi preparada para permitir uma comparação rápida e bastante completa das conseqüências de uma série de condições de curto-circuito freqüentes de sistemas trifásicos. Essa comparação deve ser obtida pela aplicação dos parâmetros determinados na Parte I para o cálculo dos geradores equivalentes de Thévenin que alimentam o curto em cada uma das condições estudadas.

A eficácia da comparação é potencializada pelo fato do transformador ser único para todas as condições de curto e pelo fato de ser considerado também o curto de transformadores com enrolamento terciário.

2-ROTEITO DA PARTE EXPERIMENTAL

2.1- CURTO NO SECUNDÁRIO DO TRANSFORMADOR

O problema proposto é a determinação do gerador equivalente de Thévenin correspondente a curto-circuitos fase-terra, fase-fase e trifásico, aplicados ao secundário de transformadores trifásicos, como no monofilar da figura 1.

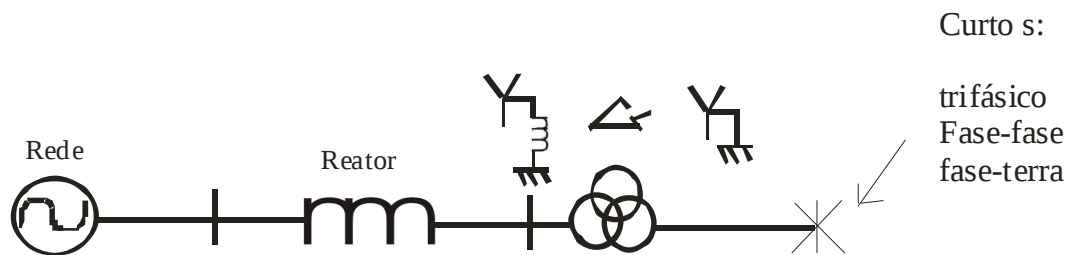


Figura 1

O modelo para linha real, transposta ou sem transposição, deve incluir a indutância mútua entre as três fases, como indicado na figura 2 e na equação do circuito.

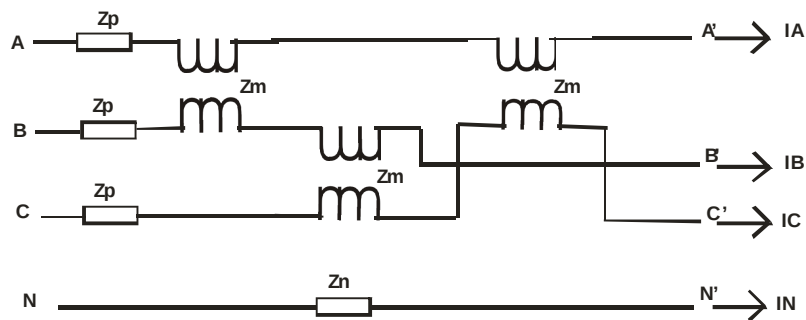


Figura2

Da teoria de componentes simétricas, temos:

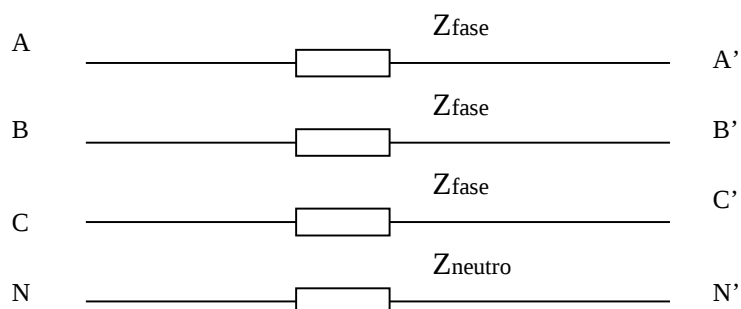
$$\begin{bmatrix} V_{AN0} \\ V_{AN1} \\ V_{AN2} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} V_{A'N0} \\ V_{A'N1} \\ V_{A'N2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{00} & 0 & 0 \\ 0 & Z_{11} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{A0} \\ I_{A1} \\ I_{A2} \end{bmatrix}$$

com

$$Z_{00} = Z_P + 2Z_M + 3Z_N$$

$$Z_{11} = Z_{22} = Z_P - Z_M$$

Para facilitar o trabalho experimental, a indutância mútua será desconsiderada e a indutância das linhas será aproximada por uma indutância pura construída em um reator com perdas desprezíveis, como na figura 3 e na equação do circuito. Adotar como impedância série do transformador o valor determinado na experiência anterior (Parte1).



$$Z_{11} = Z_{\text{FASE}}$$

$$Z_{00} = Z_{\text{FASE}} + 3Z_{\text{NEUTRO}}$$

Obs.: Para a experiência, utilizar 2 reatores em série para cada fase, sendo um reator grande e outro pequeno.

2.2- PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL A

2,2.1- Levantar a curva característica do reator, aplicando tensão variável de 60Hz de modo a cobrir correntes de zero a 5ª e preencher a Tabela 1 com os valores medidos e os resultados dos cálculos. Embora o valor da impedância varie em função da corrente, pode ser adotado o valor médio dos valores de Z como valor constante para Z reator.

Curva de saturação do reator

I(A)	1	2	3	4	5
V(V)					
W(W)					
R(Ω)					
X(Ω)					
Z(Ω)					

Tabela 1

$$Z_{\text{REATOR}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

2.2.2- Ligar o transformador em Estrela aterrado/Estrela aterrado como na figura 4. Aplicar curto-circuito trifásico no secundário e medir as tensões de fase e correntes de curto no primário e no secundário. Anotar os resultados na Tabela 2.

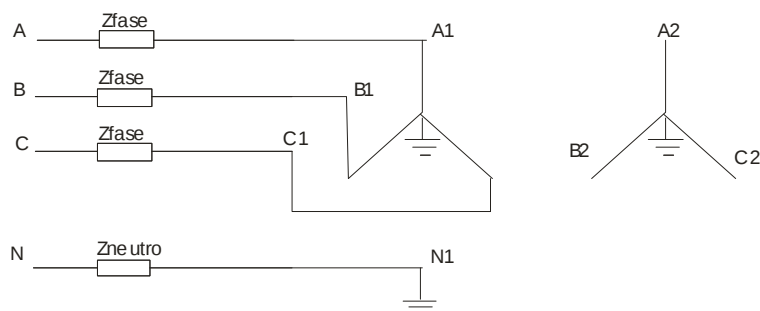


Figura 4

2.2.3- Repetir o procedimento para curto dupla-fase no secundário. Anotar em separado tensão e corrente da fase sã.

2.2.4 Repetir o procedimento para curto fase-terra no secundário. Anotar em separado tensão e corrente das fases sãs.

2.2.5 Colocar um reator como impedância de aterramento no centro-estrela do primário, como na figura 5. Aplicar curto fase-terra no secundário e medir tensões e correntes, identificando a fase sã.

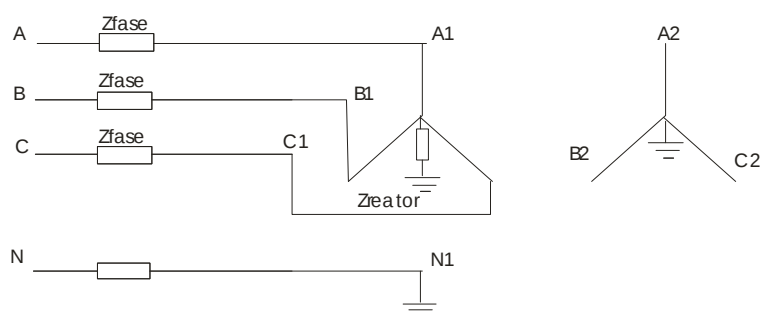


Figura 5

2.2.6- Ligar o terceiro enrolamento do transformador em fechado e aplicar curto-circuito trifásico no secundário. Medir e anotar tensões e correntes, como nos itens anteriores.

2.2.7- Repetir o item 2.2.6 aplicando curto dupla-fase no secundário, indicando qual a fase sã.

2.2.8- Repetir o item 2.2.6 aplicando curto fase-terra no secundário, indicando quais as fases sãs.

2.2.9- Preparar o relatório contendo:

- a) Os diagramas seqüenciais para todas as situações;
- b) O gerador equivalente de Thévenin visto pelo ponto de defeito;
- c) As relações entre as correntes de defeito e as sobretensões verificadas

condição	2.2.2	2.2.6	2.2.3	2.2.7	Fase sã	2.2.4	2.2.5	2.2.8	Fase sã
Tipo de curto	3Φ	3Φ c/ Δ	$\Phi\Phi$	$\Phi\Phi$ c/ Δ		ΦT	ΦT c/ Zn	ΦT c/ Δ	
	$V_{A1N'}$				S				S
	$V_{B1N'}$				X				S
	$V_{C1N'}$				X				X
	I_{A1}				S				S
	I_{B1}				X				S
	I_{C1}				X				X
	I_N				X				X
	$V_{A2N'}$								
	$V_{B2N'}$								
	$V_{C2N'}$								
	I_{A2}								
	I_{B2}								
	I_{C2}								
	I_N								
	V_{A3B3}								
	V_{B3C3}								
	V_{C3A3}								
	I_{A3B3}								
	I_{B3C3}								
	I_{C3A3}								

Tabela 2

Tabela 3 – Corrente de Magnetização

2.3.3- Com o secundário em vazio, o enrolamento do banco e a linha em curto monofásico, medir as tensões de fase e as correntes de linha em curto monofásico, medir as tensões de fase e as correntes de linha nos pontos A', B' e C' e A'', B'' e C''. Anotar os resultados na Tabela 4.

2.3.4 – Fechar o enrolamento do banco e repetir as medidas do item anterior. Medir também as correntes no enrolamento .

Tensões (V)			Correntes (A)		
Condição	Δ aberto	Δ fechado	condição	Δ aberto	Δ fechado
$V_{A'N'}$			$I_{A'}$		
$V_{B'N'}$			$I_{B'}$		
$V_{C'N'}$			$I_{C'}$		
$V_{A''N''}$			$I_{A''}$		
$V_{B''N''}$			$I_{B''}$		
$V_{C''N''}$			$I_{C''}$		
$V_{A'''N'''}$			$I_{A'''}$		
$V_{B'''N'''}$			$I_{B'''}$		
$V_{C'''N'''}$			$I_{C'''}$		
			I_{CC}		
			$I_{N'}$		
			$I_{N''}$		

Tabela 4- Centro-estrela flutuante no trafo-fonte (trafo1)

2.3.5- Aterrar o centro-estrela do secundário do trafo 1 e repetir o item 2.3.4- Medir as correntes nos centro-estrelas dos trafos 1 e 2. Anotar os resultados na Tabela 4.

2.3.6- Repetir o item 2.3.5 com o enrolamento em aberto.

Tensões (V)			Correntes (A)		
Condição	Δ aberto	Δ fechado	condição	Δ aberto	Δ fechado
$V_{A'N'}$			$I_{A'}$		
$V_{B'N'}$			$I_{B'}$		
$V_{C'N'}$			$I_{C'}$		
$V_{A''N''}$			$I_{A''}$		
$V_{B''N''}$			$I_{B''}$		
$V_{C''N''}$			$I_{C''}$		
$V_{A'''N'''}$			$I_{A'''}$		
$V_{B'''N'''}$			$I_{B'''}$		
$V_{C'''N'''}$			$I_{C'''}$		
			I_{CC}		
			$I_{N'}$		
			$I_{N''}$		

Tabela5 – Centro-estrela flutuante no trafo-fonte (trafo 1)

2.3.7- Preparar relatório com a justificação de todos os resultados obtidos, por meio de componentes simétricas.

3- EXERCÍCIO DE APLICAÇÃO

Calcular as correntes em todos os pontos da rede mostrados na figura7. Os resultados devem ser apresentados no relatório desta experiência.

