



PROVA P3- Geração Transmissão e Distribuição de Energia - ELT344

Prof. J. C. da Costa Campos
Equipe: C – Werikson Alves
Data: 24/03/2022

Matrícula: 96708
Nota:

1. Uma linha de transmissão longa de 500 KV, e de comprimento igual a 250 Km. A impedância série $z=0,045+j0,4 \Omega$ por fase por Km e admitância shunt $y= 4j \times 10^{-6}$ siemens por fase por Km. Determine o modelo equivalente π e defina a matriz da linha.

Nome: Werikson Alves - 96708
P3- ELT344 - 24/3/22 - GTD

① $V = 500KV$, $l = 250Km$, Impedância série $= 0,045 + j0,4 \Omega$ por fase por Km
admitância shunt $= 4j \times 10^{-6} S$ por fase por Km

Determino equivalente π e defino a matriz da linha.

$z = 0,045 + j0,4$ Matriz $= \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,9504 + 0,0055j & 10,8778 + j98,3624 \\ -0,0009 + 0,0010j & 0,9504 + 0,0055j \end{bmatrix}$

$y = j4 \times 10^{-6}$

$\gamma = \sqrt{zy} = \sqrt{(0,045 + j0,4)(j4 \times 10^{-6})} = 0,0001 + 0,0013j$

$Z_c = \sqrt{\frac{z}{y}} = \sqrt{(0,045 + j0,4)/(j4 \times 10^{-6})} = 316,73 - 17,760j$

$A = \cosh(\gamma l) = \cosh((0,0001 + 0,0013j)(250)) = 0,9504 + 0,0055j$

$B = Z_c \sinh(\gamma l) = (316,73 - 17,760j) \sinh(\gamma l) = 10,8778 + j98,3624j$

$C = \frac{1}{Z_c} \sinh(\gamma l) = \frac{1}{(316,73 - 17,760j)} \sinh(\gamma l) = -0,0009 + 0,0010j$

$D = \cosh(\gamma l) = \cosh(\gamma l) = 0,9504 + 0,0055j$

Modelo π

$Z = B$

$Y = \frac{2}{Z_c} \tanh\left(\frac{\gamma l}{2}\right) = 0,0009 + 0,0010j$

2. Uma linha de transmissão trifásica apresenta os seguintes parâmetros característicos por fase: $R = G = 0$, $L = 1,33 \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ e $C = 8,86 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$. Sabendo que no início da linha ($x = 0$) tem-se $V(0) = \frac{220}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \text{ KV}$ (de fase) e $S(0) = 150 + j50 \text{ MVA}$ (por fase), obtenha:
- A constante de propagação;
 - A impedância característica;
 - A tensão, a corrente e a potência no final da linha se o seu comprimento é de 300 km.

② $R = G = 0$, $L = 1,33 \cdot 10^{-7} \text{ F/m}$, $C = 8,86 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$, $V(0) = \frac{220}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \text{ KV}$
 $S(0) = 150 + j50 \text{ MVA}$

a) γ b) Z_c c) V, I, S em 300 km $\omega = 2\pi f = 120\pi$

$$\gamma = \sqrt{zy} = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = j\omega \sqrt{LC} = j4,0925 \cdot 10^{-7} \text{ m}^{-1}$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = \sqrt{\frac{L}{C}} = 120,5206 \Omega$$

$l = 300 \text{ km}$

$$I(0) = \left(\frac{S(0)}{V(0)} \right)^* = \left(\frac{(150 + j50) \text{ M}}{\frac{220}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \text{ K}} \right)^* = 1244,9913 \angle -18,43^\circ \text{ A}$$

$$\begin{cases} \cosh(\gamma x) \approx \cosh(j\beta x) \approx \cos(\beta x) \\ \sinh(\gamma x) \approx \sinh(j\beta x) \approx j\sin(\beta x) \end{cases} \quad \begin{cases} \gamma = \alpha + j\beta \\ \gamma = 0 + j4,0925 \cdot 10^{-7} \text{ m}^{-1} \\ \beta = 4,0925 \cdot 10^{-7} \end{cases}$$

~~$V(x) = \frac{220}{\sqrt{3}} \cos(\gamma x) - Z_c I_0 \sinh(\gamma x)$~~

$$V(x) = \frac{220}{\sqrt{3}} \cos(\beta x) - Z_c I_0 \sinh(\beta x)$$

$$I(x) = I(0) \cos(\beta x) - \frac{V(0)}{Z_c} j \sinh(\beta x)$$

$$V(x) = 127 \cdot 10^3 \cos(4,0925 \cdot 10^{-7} \cdot x) - 150,5371 \cdot 10^3 \angle -18,43^\circ \sinh(4,0925 \cdot 10^{-7} \cdot x)$$

$$I(x) = 1244,9913 \angle -18,43^\circ \cos(4,0925 \cdot 10^{-7} \cdot x) - 1036,5604 \sinh(4,0925 \cdot 10^{-7} \cdot x)$$

$$S(x) = V(x) \times I(x)^*$$

Fazendo $X = l = 300 \text{ km}$

$$V(300) = 121,4400 \angle -8,39^\circ \text{ KV}$$

$$I(300) = 1281,3949 \angle -23,82^\circ \text{ A}$$

$$S(300) = 155,6128 \angle 15,43^\circ \text{ MVA} = 150 + j41,4024 \text{ MVA}$$

3. Fazer um comentário técnico sobre as principais partes indicadas do transformador abaixo em referência.

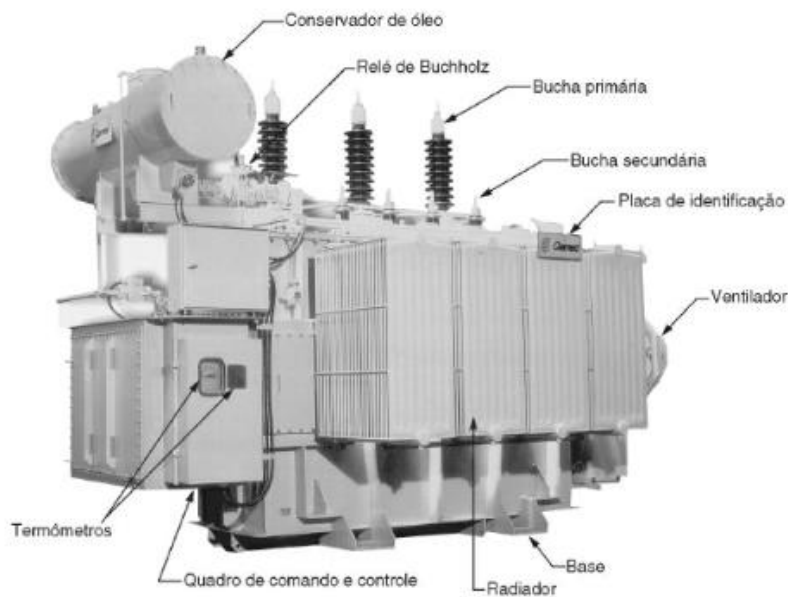


FIGURA 12.33 Transformador de potência com conservador de óleo.

Principais partes do transformador de potência com conservador de óleo:

- **Conservador de óleo:** Trata-se de um tanque de aço preenchido com óleo isolante, onde a parte ativa, conjunto formado pelas bobinas e o núcleo do transformador, é imerso. O tanque pode ser dotado de blindagens nas paredes internas, no sentido de minimizar o aumento da temperatura do aço por conta da circulação de correntes parasitas, resultantes do fluxo de dispersão gerado na parte ativa;
- **Relé de Buchholz:** É um dispositivo de proteção que atua quando temos produção excessiva de gases na parte interna do transformador, tal efeito caracteriza indício de falhas. Durante a operação, a queima de material isolante, descargas parciais e até mesmo curtos-circuitos provocam aparecimento desses gases no óleo do transformador. Esses gases são detectados pelo Relé Buchholz que será sensibilizado de acordo com a quantidade de gás presente em sua câmara, promovendo então o desligamento do transformador através de contato elétrico do dispositivo, atuando assim na proteção do equipamento;
- **Bucha primária e secundária:** São dispositivos que tem a finalidade de permitir a passagem dos condutores presentes nos enrolamentos para o meio externo ao transformador, que seriam as redes elétricas. Esses dispositivos são constituídos de um corpo isolante (porcelana), de um condutor passante e terminais de contato (ambos de cobre ou latão), e de vedações (borracha ou papelão);
- **Placa de identificação:** Serve para informar características construtivas e elétricas importantes do transformador, e conta também com a identificação da sua marca;
- **Ventilador:** O ventilador serve para auxiliar no processo de resfriamento, portanto o seu papel é diminuir a temperatura do painel do transformador;

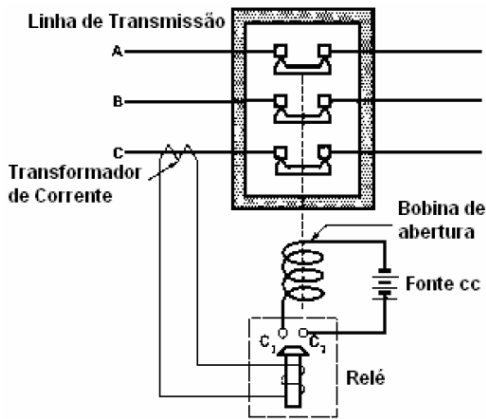
- **Termômetros:** Estes termômetros tem a função de a todo instante medir a temperatura do óleo e dos enrolamentos do transformador, portanto eles auxiliam que o transformador opere com segurança, qualidade e com bom desempenho;
 - **Quadro de comando e controle:** É o local onde estão instalados os dispositivos de interface que permitem o controle e a monitoração do funcionamento geral do transformador ao centro de operação da subestação. Tal equipamento concentra dados como temperatura, corrente, monitoração de gases, descargas parciais, entre outras informações;
 - **Radiador:** As dissipações térmicas geradas na parte ativa do transformador se propagam pelo óleo, que por sua vez dissipa essa energia pela tampa e laterais do tanque de armazenamento. No caso do transformador apresentado acima, eles são munidos de radiadores que aumentam essa área de dissipação de calor, sendo mais eficientes;
 - **Base:** É um suporte de fixação do transformador para sua instalação no ambiente.
4. Nos sistemas de média tensão e para aplicação geral em subestações consumidoras de pequeno e médio porte, os disjuntores a óleo têm uma forte presença no mercado, enumere alguns fatores que são determinantes para a escolha considerada. Fazer um comentário a respeito deste disjuntor mostrado abaixo.



FIGURA 11.7 Disjuntor a grande volume de óleo (GVO).

Estes disjuntores (GVO) são de grande volume de óleo e já tem bastante tempo de mercado. Uma característica importante desses disjuntores é a boa capacidade que possuem de ruptura durante um curto circuito, entretanto necessitam de constantes manutenção para troca ou filtragem do óleo. E alguns dos fatores determinantes para a escolha deste disjuntor são: Alta potência de interrupção, Tempo de interrupção (3 a 5 ciclos), resfriamento e extinção do arco elétrico, isolamento e uso em níveis de tensão de até 230kV.

5. Responder às questões propostas abaixo sobre o equipamento disjuntor:
- a) Descrever o funcionamento através da figura abaixo;
 - b) Definir os principais tipos de disjuntores, e avaliar sobre as suas características;
 - c) Definir sua relação com o sistema de proteção.



- a) Pela figura, o princípio de acionamento consiste inicialmente em o relé identificar a condição de sobrecarga, utilizando os transformadores de instrumentos e assim o relé é ligado ao secundário de um TC. No TC, o primário conduz a corrente de linha da fase protegida, e quando a corrente de linha excede um valor (definido) os contatos do relé são fechados. Ao ocorrer isto, a bobina de abertura do disjuntor, alimentada por uma fonte anexada, é energizada abrindo os contatos principais do disjuntor. Durante a abertura destes contatos, é necessária uma rápida *desionização* e resfriamento do arco elétrico, ou seja, para uma interrupção bem sucedida, é necessário que o meio extintor retire mais energia do arco elétrico estabelecido entre os contatos que a energia no arco dissipada pela corrente normal ou de curto circuito. Além disto, para que a corrente seja interrompida é necessário que a tensão suportável pelo disjuntor ao longo do tempo seja maior que a tensão de restabelecimento que ocorre nos terminais do dispositivo de interrupção. A tensão que aumenta nos terminais dos contatos em reparação é denominada tensão de restabelecimento. Assim, quando o restabelecimento do dielétrico crescer mais rapidamente do que a tensão de restabelecimento do sistema, o arco se extinguirá na próxima passagem por zero da corrente e o circuito será aberto com sucesso. Caso contrário, a corrente será restabelecida através de um arco entre os contatos.
- b) Tipos de disjuntores são:
- i) Disjuntores de sopro magnético: Usado para média tensão até 24 kV, principalmente mantidos em cubículos.
 - ii) Disjuntores a óleo: Possuem câmeras de extração onde se força o fluxo de óleo sobre o arco. Os disjuntores a grande volume de óleo são empregados em média tensão e alta tensão até 230 kV e possuem grande capacidade de ruptura em curto-circuito. Os disjuntores a pequeno volume de óleo cobrem em média tensão e praticamente toda a gama de capacidade de ruptura de até 63 kA.
- c) O uso de dispositivos de proteção de instalações elétricas prediais é necessário para a segurança das pessoas e dos patrimônios e são as normas técnicas brasileiras que regulam as instalações elétricas de baixa tensão no qual são recomendados dispositivos que variam de acordo com as condições da instalação. Os principais dispositivos de proteção aplicados são os disjuntores termomagnéticos, diferencial residual e dispositivos de proteção de surto ou sobre tensão. Entre estes, o disjuntor termomagnético (o mais comum) é um dispositivo de manobra e de proteção contra sobrecarga e sobre corrente que se auto desarma perante calor atípico e que identifica correntes excedentes.