

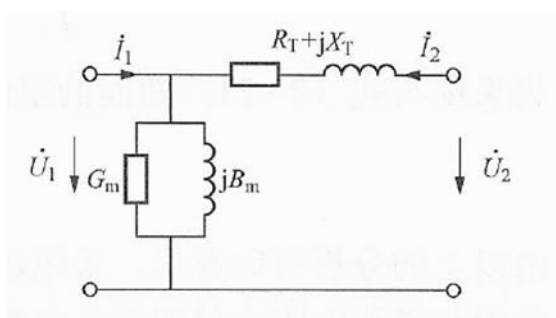
习题 2-12 某三相双绕组变压器由三台额定容量为 3500kVA 的单相双绕组变压器构成。绕组接线方式为 $Y_0/\Delta-11$ ，单相变压器的额定电压为：139.72±2×2.5%/6.3 kV。由于制造的分散性，三台变压器的开短路实验数据不同。平均值为： $P_k = 28.633 \text{ kW}$ ， $U_k(\%) = 6.5$ ， $P_0 = 10.012 \text{ kW}$ ， $I_0(\%) = 1.753$ 。请回答：该三相组式变压器的额定容量是多少？额定变比是多少？另外请画出折算到高压侧的等值电路并计算电路参数。（要求计算三相变压器的标幺值）

答：

（1）额定容量为： $3 \times 3500 = 10500 \text{ kVA}$ ，即三个单相变压器容量之和。

（2）一次侧结成星形，所以额定线电压是单相电压的额定相电压的根 3 倍，即 $\sqrt{3} \times 139.72 = 242 \text{ kV}$ ；二次侧结成三角形，所以额定线电压是单相变压器的额定相电压，即 6.3kV，额定变比为 $242/6.3 = 38.413$ 。

三相变压器折算到高压侧的等值电路为



（3）由于三相变压器等值电路的参数就是单相变压器参数，因此直接按照单相变压器开短路平均实验数据进行计算即可，此时应采用单相变压器的额定容量 $S_N = 3500 \text{ kVA} = 3.5 \text{ MVA}$ 。

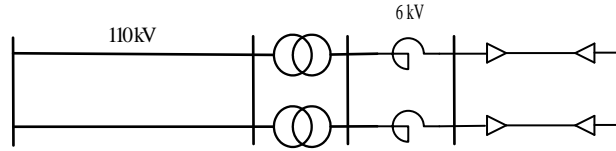
各参数标幺值计算如下：

$$\begin{cases} R_T^* = \frac{P_k}{1000 S_N} = \frac{28.633}{1000 \times 3.5} = 8.18 \times 10^{-3} \\ X_T^* = \frac{U_k \%}{100} = \frac{6.5}{100} = 0.065 \\ G_m^* = \frac{P_0}{1000 S_N} = \frac{10.012}{1000 \times 3.5} = 2.86 \times 10^{-3} \\ B_m^* = -\frac{I_0 \%}{100} = -\frac{1.753}{100} = -0.01753 \end{cases}$$

习题 2-13 电力网络如图。设变压器的运行变比为112.75/6.6kV；忽略所有元件的串联电阻和对地电纳。

1、建立 110kV 电压等级上的有名值等值电路；

2、取功率基准值 $S_B = 100 \text{ MVA}$ ，计算标幺值等值电路的参数（变压器要求用 Π 型等值电路）。



$$\begin{array}{llll} x_1 = 0.27 \Omega/\text{km} & 2 \times \text{SFL} - 20000 / 110 & U_N = 10 \text{ kV} & l = 5 \text{ km} \\ l = 70 \text{ km} & 110 / 6.6 \text{ kV} & I_N = 0.3 \text{ kA} & x_1 = 0.08 \Omega/\text{km} \\ U_k (\%) = 10.5 & & X_R (\%) = 4 & \end{array}$$

题解：1、符号 $\text{---}\text{---}\text{---}$ 是限制短路电流电抗器。电抗器的铭牌参数给的是额定电压和额定电流。图中单相电抗器的额定电压为 6kV，则电抗器的额定线电压为

$$U_N = \sqrt{3}U_{PN} = \sqrt{3} \times 6 = 10 \text{ kV}$$

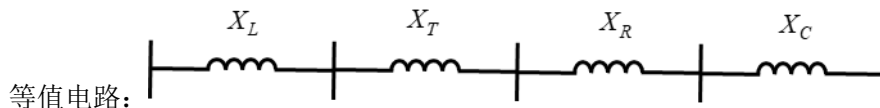
$X_R (\%)$ 是电抗器的电抗百分数。其定义是

$$X_R (\%) = \frac{\sqrt{3}I_N X_R}{U_N} \times 100$$

因此，图中的电抗器是“高压设备降压运行”，即 10kV 电压等级的电抗器安装在 6kV 电压等级上了。

2、符号 $\text{---}\text{---}\text{---}$ 表示是电缆线路。

答：（1）110kV 电压等级下等值电路及各元件有名值参数：



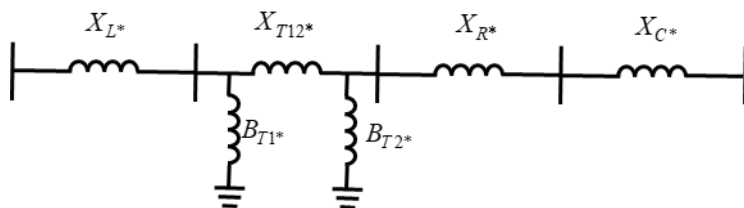
$$\text{架空线路参数 } X_L = \frac{1}{2} \times 0.27 \times 70 = 9.45 \Omega ;$$

$$\text{变压器参数 } X_T = \frac{1}{2} \times \frac{10.5 \times 110^2}{100 \times 20} = 31.763 \Omega ;$$

$$\text{电抗器参数 } X_R = \frac{1}{2} \times \frac{10}{\sqrt{3} \times 0.3} \times \frac{4}{100} \times \left(\frac{112.75}{6.6} \right)^2 = 112.329 \Omega ;$$

$$\text{电缆线路参数 } X_C = \frac{1}{2} \times 0.08 \times 5 \times \left(\frac{112.75}{6.6} \right)^2 = 58.368 \Omega .$$

（2）变压器采用 Π 型等值电路时的系统标幺值等值电路



高压侧额定电压 $U_{1B} = 110\text{kV}$ ，基准 $X_{1B} = \frac{U_{1B}^2}{S_B} = \frac{110^2}{100} = 121\Omega$ ；低压侧额定电压 $U_{2B} = 6\text{kV}$ ，

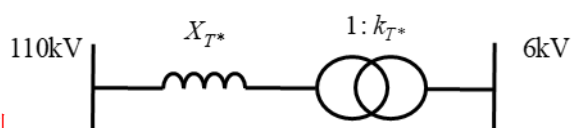
基准电抗 $X_{2B} = \frac{U_{2B}^2}{S_B} = \frac{6^2}{100} = 0.36\Omega$ 。

架空线路参数 $X_L^* = \frac{1}{2} \times \frac{0.27 \times 70}{121} = 0.0781$ ；

电抗器参数 $X_R^* = \frac{1}{2} \times \frac{\frac{10}{\sqrt{3}} \times 0.3 \times \frac{4}{100}}{0.36} = 1.069$ ；

电缆线路参数 $X_C^* = \frac{1}{2} \times \frac{0.08 \times 5}{0.36} = 0.556$ ；

变压器参数：

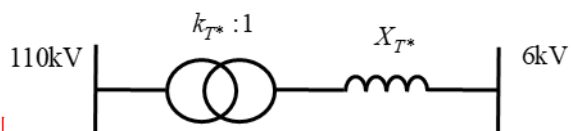


方法 1：归算到高压侧

有 $X_T^* = \frac{1}{2} \times \frac{10.5 \times 110^2}{100 \times 20} = 0.263$ ， $k_T^* = \frac{6.6/6}{112.75/110} = 1.073$ ，则：

$Z_{T12}^* = jX_{T12}^* = jk_T^* X_T^* = j1.073 \times 0.263 = j0.282$ ， $Y_{T1}^* = jB_{T1}^* = \frac{k_T^* - 1}{k_T^{*2} jX_T^*} = -j \frac{0.073}{0.282} = -j0.259$ ，

$Y_{T2}^* = jB_{T2}^* = \frac{1 - k_T^*}{k_T^{*2} jX_T^*} = j \frac{0.073}{0.303} = j0.241$



方法 2：归算到低压侧

有 $X_T^* = \frac{1}{2} \times \frac{10.5 \times 6.6^2}{100 \times 20} = 0.318$ ， $k_T^* = \frac{112.75/110}{6.6/6} = 0.932$ ，则：

$Z_{T12}^* = jX_{T12}^* = jk_T^* X_T^* = j0.932 \times 0.318 = j0.296$ ， $Y_{T1}^* = jB_{T1}^* = \frac{1 - k_T^*}{k_T^{*2} jX_T^*} = -j \frac{0.068}{0.276} = -j0.246$ ，

$Y_{T2}^* = jB_{T2}^* = \frac{k_T^* - 1}{k_T^{*2} jX_T^*} = j \frac{0.068}{0.296} = j0.230$