



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

简单电力网络的计算与分析

变压器运行状况的计算

主讲：田行军

CH3. 简单电力网络的计算与分析



在线开放课程

- 1、电力线路运行状况的计算
- 2、变压器的运行状况的计算
- 3、开式网和环网的潮流计算
- 4、电力网络潮流的调整控制

3.2 变压器运行状况的计算

1、电力线路功率的计算

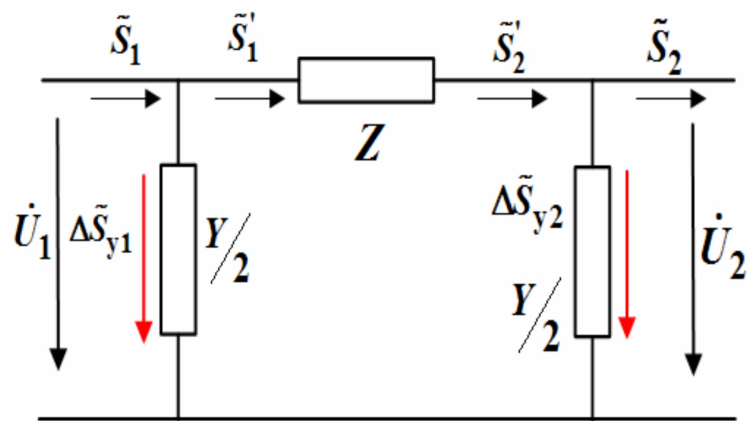
已知：首端电压 \dot{U}_1 ，首端功率 $S_1 = P_1 + jQ_1$ ，以及线路参数。

求：线路中的功率损耗、末端电压和功率。

解过程：从首端向末端推导。

①首端导纳支路的功率 $\Delta \bar{S}_{y1}$

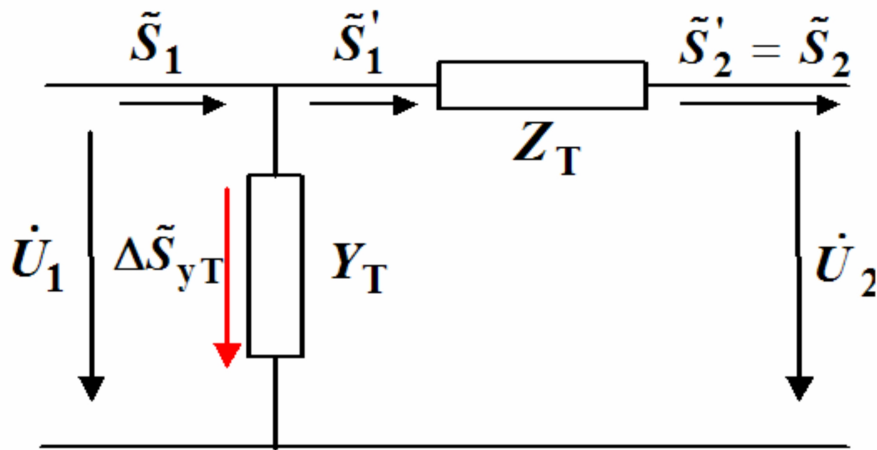
$$\begin{aligned}\Delta \bar{S}_{y1} &= \left(\frac{Y}{2} \dot{U}_1\right)^* \dot{U}_1 \\ &= \frac{1}{2} G \dot{U}_1^2 - \frac{1}{2} j B \dot{U}_1^2 \\ &= \Delta P_{y1} - j \Delta Q_{y1}\end{aligned}$$



3.2 变压器运行状况的计算

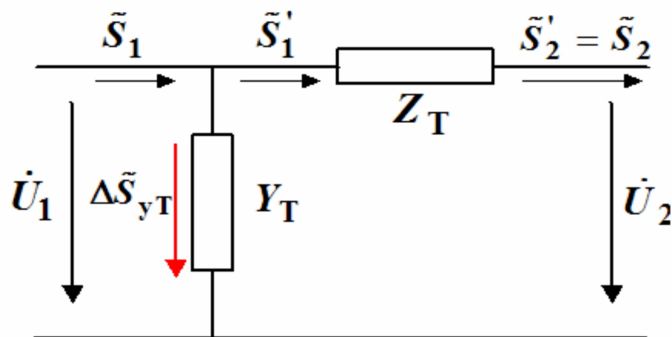
1、变压器中的电压降落、功率损耗和电能损耗 用变压器的Γ型电路

(1) 功率



3.2 变压器运行状况的计算

① 变压器阻抗支路中损耗的功率



$$\begin{aligned}\Delta \tilde{S}_{ZT} &= \left(\frac{S_2'}{U_2} \right)^2 Z_T = \left(\frac{P_2'^2 + Q_2'^2}{U_2^2} \right) (R_T + jX_T) \\ &= \frac{P_2'^2 + Q_2'^2}{U_2^2} R_T + j \frac{P_2'^2 + Q_2'^2}{U_2^2} X_T = \Delta P_{ZT} + j\Delta Q_{ZT}\end{aligned}$$

3.2 变压器运行状况的计算

② 变压器励磁支路损耗的功率

$$\Delta \tilde{S}_{yT} = (Y_T \dot{U}_1)^* \dot{U}_1 = (G_T + jB_T) U_1^2 = G_T U_1^2 + jB_T U_1^2 = \Delta P_{yT} + j\Delta Q_{yT}$$

③ 变压器始端功率 $\tilde{S}_1 = \tilde{S}_2 + \Delta \tilde{S}_{zT} + \Delta \tilde{S}_{yT}$

(2) 电压降落 (为变压器阻抗中电压降落的纵、横分量)

$$\Delta U_T = \frac{P_2' R_T + Q_2' X_T}{U_2}, \delta U_T = \frac{P_2' X_T - Q_2' R_T}{U_2}$$

注意：变压器励磁支路的无功功率与线路导纳支路的无功功率符号相反

3.2 变压器运行状况的计算

(3) 电能损耗

- ①与线路中的电能损耗相同(电阻中的损耗,即铜耗部分)
- ②电导中的损耗,即铁耗部分,近似取变压器空载损耗 P_0 与变压器运行小时数的乘积,变压器运行小时数等于8760h减去因检修等而退出运行的小时数。

(4) 根据制造厂提供的试验数据计算其功率损耗

$$\Delta P_{ZT} = \frac{P_k U_N^2 S_2'^2}{1000 U_2^2 S_N^2}, \quad \Delta Q_{ZT} = \frac{P_k \% U_N^2 S_2'^2}{100 U_2^2 S_N} \text{ (还可对应下标为1)}$$

$$\Delta P_{yT} = \frac{P_0 U_1^2}{1000 U_N^2}, \quad \Delta Q_{yT} = \frac{I_0 \% S_N U_1^2}{100 U_N^2}$$

3.2 变压器运行状况的计算

进一步简化: $U_1 \approx U_2 \approx U_N, S_1 \approx S_1', S_2 = S_2'$

$$\Delta P_{ZT} = \frac{P_k S_2^2}{1000 S_N^2}, \quad \Delta Q_{ZT} = \frac{U_k \% S_N}{100} \frac{S_2^2}{S_N^2}$$

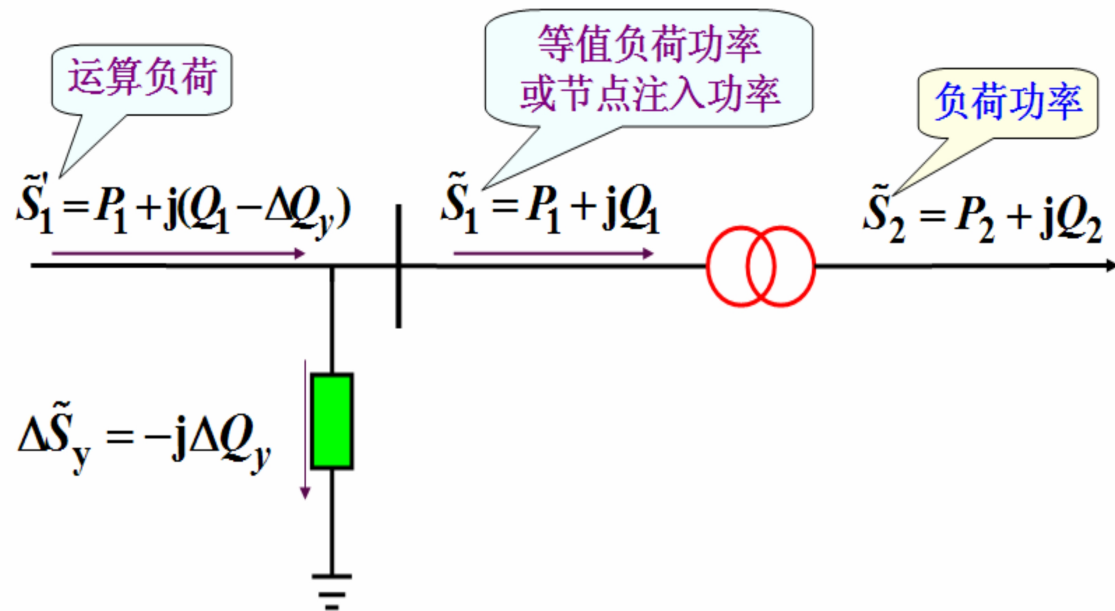
$$\Delta P_{ZT} = \frac{P_k S_1^2}{1000 S_N^2}, \quad \Delta Q_{ZT} = \frac{U_k \% S_N}{100} \frac{S_1^2}{S_N^2}$$

$$\Delta P_{YT} = \frac{P_0}{1000}, \quad \Delta Q_{YT} = \frac{I_0 \% S_N}{100}$$

要注意单位间的换算。

3.2 变压器运行状况的计算

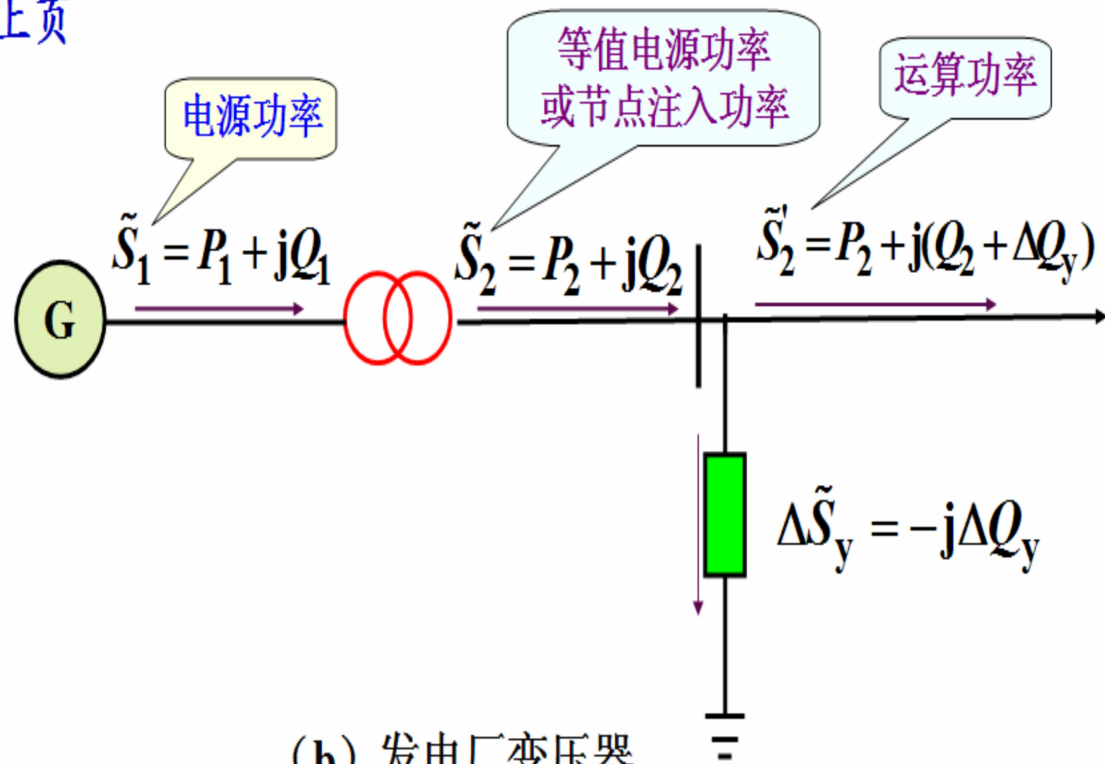
2、节点注入功率、运算负荷和运算功率



(a) 变电所变压器

3.2 变压器运行状况的计算

续上页

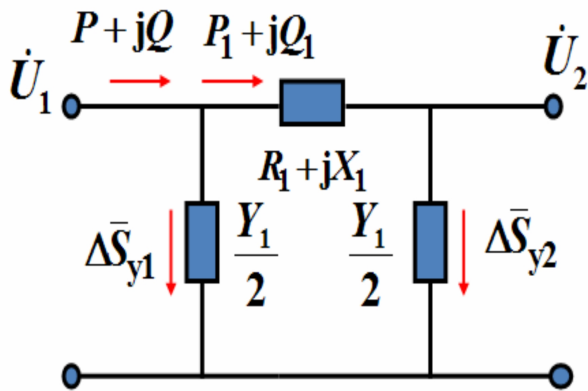


(b) 发电厂变压器

3.2 变压器运行状况的计算

例：

某220kV单回架空电力线路，长度为200km，导线单位长度的参数为 $r_1=0.108\Omega/\text{km}$ ， $x_1=0.42\Omega/\text{km}$ ， $b_1=2.66\times 10^{-6}\text{S}/\text{km}$ ，已知其始端输入功率为 $(120+j50)\text{MVA}$ ，始端电压为240kV，求末端电压及功率。

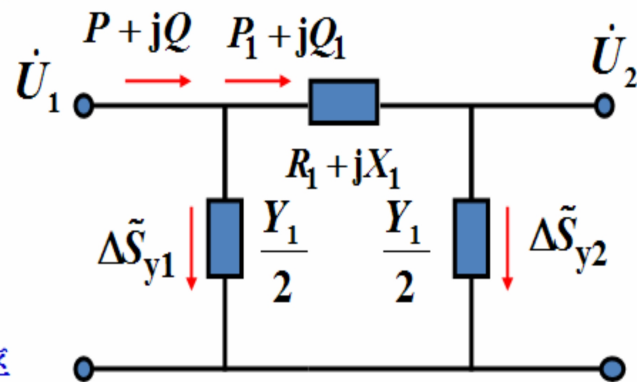


3.2 变压器运行状况的计算

解：由题意，首先求线路参数并作等效图。

$$R_1 + jX_1 = (0.108 + j0.42) \times 200 \\ = (21.6 + j84) \Omega$$

$$Y_1/2 = -j2.66 \times 10^{-6} \times 200/2 \\ = -j2.66 \times 10^{-4} (\text{S})$$



在节点1处导纳产生的无功功率

$$\Delta \tilde{S}_{y1} = \left(\frac{Y_1^*}{2}\right) U_1^2 = -j2.66 \times 10^{-4} \times 240^2 = (-j15.3216) \text{MVA}$$

$$P_1 + jQ_1 = P + jQ - \Delta \tilde{S}_{y1} = 120 + j50 - (-j15.3216) \\ = (120 + j65.32) \text{MVA}$$

3.2 变压器运行状况的计算

设 $\dot{U}_1 = \dot{U}_1 \angle 0^\circ$ ，则线路末端的电压

$$\begin{aligned}\dot{U}_2 &= \dot{U}_1 - \left(\frac{P_1 R_1 + Q_1 X_1}{U_1} + j \frac{P_1 X_1 - Q_1 R_1}{U_1} \right) = [240 - (33.6 + j36.12)] \\ &= (206.34 - j36.12) = 209.48 \angle -9.33^\circ \text{ kV}\end{aligned}$$

线路阻抗上消耗的功率

$$\begin{aligned}\Delta \tilde{S}_Z &= \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U_1^2} (R + jX) \\ &= \frac{120^2 + 65.32^2}{240^2} (21.6 + j84) = (7.0 + j27.22) \text{ MVA}\end{aligned}$$

3.2 变压器运行状况的计算

在节点2处导纳产生的无功功率

$$\begin{aligned}\Delta\tilde{S}_{y2} &= \left(\frac{Y_1^*}{2}\right)U_2^2 = -j2.66 \times 10^{-4} \times 209.48^2 \\ &= (-j11.67)\text{MVA}\end{aligned}$$

所以末端功率

$$\begin{aligned}\tilde{S}_2 &= P_1 + jQ_1 - \Delta\tilde{S}_Z - \Delta\tilde{S}_{y2} \\ &= [120 + j65.32 - (7.0 + j27.22) - (-j11.67)] \\ &= (113 + j49.77)\text{MVA}\end{aligned}$$

小结



在线开放课程

- 👉 介绍了变压器运行状态的计算；
- 👉 介绍了节点注入功率、运算负荷和运算功率。

