

电力系统分析复习题

一、 简答题

1、 简述我国电力系统常用的电压等级有哪些？各用电设备额定电压是如何规定的？

答：

6、10、35、(60)、110、(154)、220、330、500kV 和 750kV, 800kV, 1000kV。

输电线路：

各用电设备的额定电压取与线路的额定电压相等，从而使所有用电设备在额定电压的附近处运行。用电设备容许的电压偏移一般为 5%，沿线电压降落一般为 10%，因而要求线路始端电压为额定值的 1.05 倍，并使末端电压不低于额定值的 0.95 倍。

$$U_N = (U_a + U_b) / 2。$$

发电机：

发电机通常接于线路始端，因此发电机的额定电压为线路额定电压的 1.05 倍。

$$U_{GN} = U_N (1 + 5\%)$$

变压器：

变压器一次侧额定电压取等同于用电设备额定电压，对于直接和发电机相联的变压器，其一次侧额定电压等于发电机的额定电压即：

$$U_{1N} = U_{GN} = U_N (1 + 5\%)$$

变压器二次侧额定电压取比线路额定电压高 5%，因变压器二次侧额定电压规定为空载时的电压，而额定负荷下变压器内部电压降落约为 5%。为使正常时变压器二次侧电压较线路额定电压高 5%，变压器二次侧额定电压取比线路额定电压高 10%。

2、 按被测量名称分，现场常用的电气仪表有哪几种？

答：有电压表、电流表、功率表、欧姆表、电能表、功率因数表、频率表、相序表及万用表等。

3、 电能质量的三个主要指标是什么？各有怎样的要求？

电压

电压偏移是指电网实际电压与额定电压之差（代数差）。

规定：用户端额定电压不应超过额定电压的：35KV 级以上的用户为 ±5%；10KV 及以下用户为 ±7%；低压照明用户为 ±5%-10%。

频率

我国标准频率是 50Hz，一般频率波动应在 ±0.5Hz 以内，对于精密仪器系统频率波动应在 ±0.2Hz 以内。

波形 为正弦波，波形不能畸变。

4、简述电力系统标么值的选定原则。

标么值：采用其实际值（有单位值）与某一选定的值的比值表示：

$$\text{标么值} = \frac{\text{实际值}}{\text{基准值}}$$

在电气量中可先选定两个基准值，通常先选定基准功率 S_B 和基准电压 U_B ，在 S_B 和 U_B 选定后，基准电流 I_B 和基准阻抗 Z_B 也就随之而定，变压器原副边电压基准值的比取与原副边额定值的比相等。一个系统中只有一个选定的基准功率。

5、简述采用标么制的好处。

从变压器原幅边看表么值为同一个值，简化等值电路，不需要进行参数的折算，采用表么值计算时系统中基准电压一般在 1 左右，便于检查计算误差。

6、电压降落如何计算，减少电压降落应变化那些参数？

电压降落：即为该支路首末两端电压的相量差。

$$\begin{aligned}\Delta U &= U_1 - U_2 = I(R + jX) \\ \Delta U_{\varphi} &= (I^2 \cos^2 \varphi_2 - jI^2 \sin \varphi_2)(R + jX) \\ &= (IR \cos \varphi_2 + IX \sin \varphi_2) + j(IX \cos \varphi_2 - IR \sin \varphi_2) \\ \left. \begin{aligned} \Delta U_{\varphi 2} &= IR \cos \varphi_2 + IX \sin \varphi_2 \\ U_{\varphi 2} &= IX \cos \varphi_2 - IR \sin \varphi_2 \end{aligned} \right\} \\ \Delta U_{\varphi 2} &= \frac{P_{\varphi 2} R + Q_{\varphi 2} X}{U_{\varphi 2}} \\ \delta U_{\varphi 2} &= \frac{P_{\varphi 2} X - Q_{\varphi 2} R}{U_{\varphi 2}}\end{aligned}$$

降低线路电阻、电抗参数，降低首末端功率，主要以降低无功功率为主。

7、什么是潮流，电力网络潮流计算的目的是什么？

潮流：在发电机母线上功率被注入网络，而在变（配）电站的母线上接入负荷，其间，功率在网络中流动。对于这种流动的功率，电力生产部门称之为潮流。以电力网络潮流、电压计算为主要内容的电力网络稳态行为特性计算的目的在于估计对用户电力供应的质量以及为电力网运行的安全性与经济性评估提供基础数据。

8、简述影响线路负载能力的因素。

主要有三点：

对于短电力线路，影响线路负载能力的因素主要是热极限；

对于中等长度电力线路，影响线路负载能力的因素主要是电压降落的限制；

对于远距离输电线路影响线路负载能力的因素主要是稳态稳定性的限制。

9、为什么进行电压的调整。

所有电力设备都是按在额定电压下运行效率最高，偏离额定电压导致效率降低，电压过高会缩短白是枳灯的使用寿命，也会对设备的绝缘产生不利影响，电压过低会增加异步电机的转差，产品出现废品，也使电机电流增大，引起发热损坏等。

10、简述电力系统电压的调整方法。

改变发电机端电压调压，改变变压器变比调压，改变电力网无功功率分布调压，改变电力网的参数调压。

11、简述电力系统中负荷的种类及频率调整的方法？

- (1) 变动周期小于 10s，变化幅度小，利用调速器，进行频率的一次调整
- (2) 变动周期在（10s，180s），变化幅度较大，利用调频器，进行频率的二次调整
- (3) 变动周期最大，变化幅度最大：气象、生产、生活规律，根据预测负荷，在各机组间进行最优负荷分配，频率的三次调整

12、简述电力系统短路的种类和危害。

种类：电力系统短路故障有时也称为横向故障，因为它是相对相或相对地的故障，三相短路，单相短路，两相短路，两相接地短路。

危害：

短路电流很大，引起导体及绝缘体的严重发热而损坏。
导体、母线受到强大的电流动力，也可造成损坏。
短路致使电网电压突然降低，影响用电设备正常工作，最严重的后果是系统解列。

二、 计算题

1、有一台 121/10.5，容量为 31500KVA 的三相双绕组变压器，名牌给出的实验数据为：△P_k=200KW, P₀=47KW, U_k%=10.5, I₀%=2.7，试计算折算到一次侧的Γ型变压器参数，画出等值电路。

解：

$$R_T = \frac{P_k}{1000} \cdot \frac{U_N}{S_N} = 2.95\Omega$$

$$X_{T(高)} = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{U_N}{S_N} = 48.5\Omega$$

$$B_{T(高)} = \frac{I_0 \%}{100} \cdot \frac{S_N}{U_N} = 0.58 \cdot 10^{-4} S$$

$$G_{T(高)} = \frac{P_0}{U_N^2} = 0.32 \cdot 10^{-5} S$$

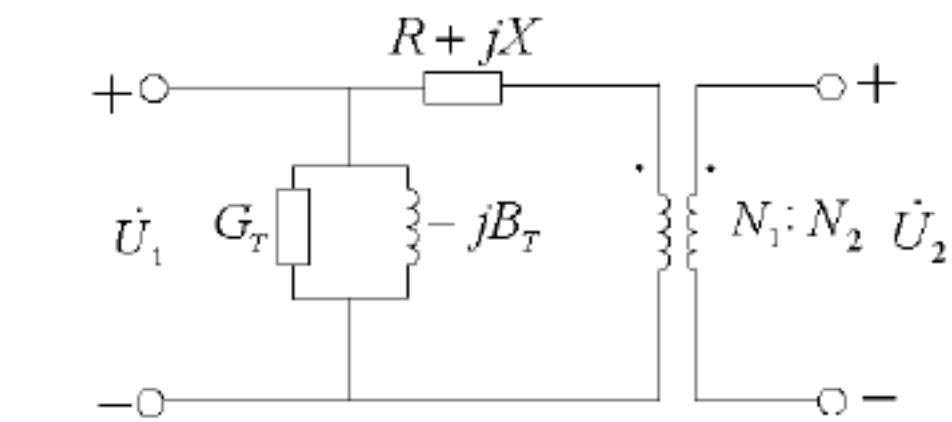


图 1

2. 有一台 110/11，容量为 20000KVA 的三相双绕组变压器，名牌给出的实验数据为： $\Delta P_k=135KW$ ， $P_0=22KW$ ， $U_k\%=10.5$ ， $I_0\%=0.8$ ，试计算折算到一次侧的 Γ 型变压器参数，画出等值电路。

解：计算变压器阻抗

1) 串联电阻（归算到 121kV 高电压侧）

$$R_T = P_k \frac{U_N^2}{1000 S_N} = 135 \frac{(110)^2}{1000 (20)^2} = 4.08 \Omega$$

2) 串联电抗

$$X_{T(高)} = \frac{U\%}{100} \cdot \frac{U_2}{S_N} = 0.105 \times \frac{(110)^2}{20} = 63.53 \Omega$$

3) 励磁回路（并联）导纳

$$G_{T(高)} = \frac{P_0}{U_2^2} = \frac{22}{(110)^2} \times 10^{-3} = 1.82 \times 10^{-6} S$$

$$B_{T(高)} = \frac{I_0\%}{100} \cdot \frac{S_N}{U_2} = 0.008 \times \frac{20}{(110)^2} = 13.2 \times 10^{-6} S$$

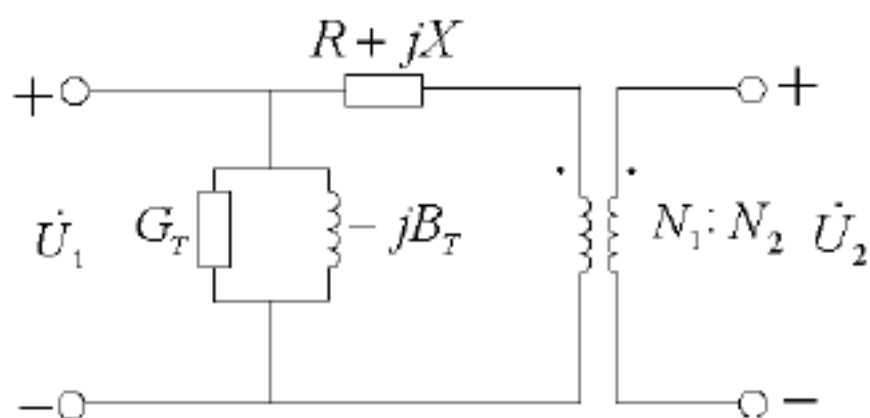


图 2

参数等效在高压侧

$$Z_T = R_T + jX_T = (4.08 + j63.53) \Omega$$

$$Y_T = G_T - jB_T = (1.82 - j13.2) \times 10^{-6} S$$

2.某 110kV 架空线路全长 100km，导线水平排列，相间距离为 4m，导线型号为 LGJ-240，导线半径为 $r=10.8\text{mm}$ 。试计算线路的电气参数，并作出 Π 型等值电路。

解：

每公里线路电组的计算：

$$r=\rho /S=31.5/240=0.1313\left(\Omega / \text { km }\right) \quad \text { 每 }$$

公里电抗计算

导线水平排列时的几何均距为：

$$D_m=1.26 D=1.26 \times 4000=5040(\text { mm })$$

电抗：

$$x=\omega L=0.1445 \lg \frac{D}{r}=0.1445 \lg \frac{5040}{10.8}=0.401\left(\Omega / \text { km }\right) r$$

电纳：

$$b=\omega C=\frac{7.58 \times 10^{-6}}{\lg \frac{D}{r}}=2.84 \times 10^{-6}(S / \text { km })$$

全 线 路 参 数 为 ：

$$R=r l=0.1313 \times 100=13.13(\Omega)$$

$$X=x l=0.401 \times 100=40.1(\Omega)$$

$$B=b l=2.84 \times 10^{-6} \times 100=2.84 \times 10^{-4}(S)$$

$$B / 2=j 1.42 \times 10^{-4}$$

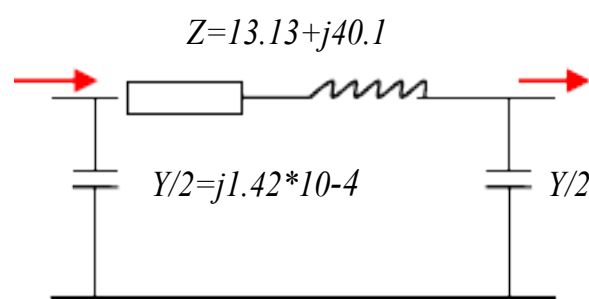
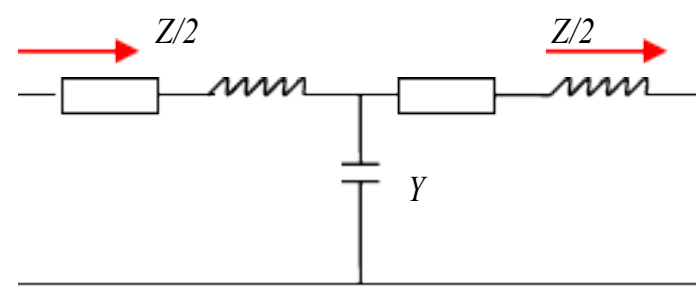


图 3 线路等值电路

(a) Π 型等值电路



(b) T 型等值电路

3. 设 500kV 线路有如下导线结构：使用 LGJ-4*300 分裂导线，直径为 24.2mm，分裂间距 450mm。三相水平排列，相间距离为 13m，如图所示。设线路长 600km，试作该线路的等值电路。（a）不考虑线路分布参数特性；（b）精确考虑线路分布参数特性。

解：

先计算该线路每千米的电阻、电抗、电导、电纳

$$r=\rho /S=31.5/4 \times 240=0.02625\left(\Omega / \text { km }\right) \quad \text { 导线水 }$$

平排列时的几何均距为：

$$D_m=1.26 D=1.26 \times 13000=16380(\text { mm })$$

分裂导线的等值半径 r_{eq}

$$r_{eq}=\sqrt[n]{r \prod_{i=2}^n d_{li}}=\sqrt[4]{12.1 \times 450 \times 450 \times \sqrt{2} \times 450}=198.7(\text { mm })$$

电抗为

$$x = 0.1445 \lg \frac{D}{r_{eq}} + \frac{0.0157}{n} = 0.1445 \lg \frac{16380}{198.7} + \frac{0.0157}{4} = 0.281 \quad (\Omega / km)$$

分裂导线单位长度电纳为

$$b = \frac{7.58}{\lg \frac{D}{r_{eq}}} \times 10^{-6} = \frac{7.58}{\lg \frac{16380}{198.7}} \times 10^{-6} = 3.956 \times 10^{-6} \quad s/km$$

取 $m_1 = 0.9$, $m_2 = 1.0$, $\delta = 1$, 计算临界电压

先计算 K_m , km ,

$$K_m = 1 + 2(n-1) \frac{r}{d} \sin \frac{\pi}{4} = 1 + 2(4-1) \frac{12.1}{450} \sin \frac{\pi}{4} = 1.114$$

于是, 电晕临界相电压为

$$U_{cr} = 49.3 m_1 m_2 \delta \frac{n}{K_m} \lg \frac{D}{r_{eq}} = 49.3 \times 0.9 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.21 \times \frac{4}{1.114} \lg \frac{1638}{19.87} = 369.4 kV$$

边相, $1.06 \times 369.4 = 391.5 kV$, 中间相, $0.96 \times 369.4 = 354.6 kV$

设线路的实际运行相电压为 $U = \frac{525}{\sqrt{3}} = 303.1 kV$, 则由 $U < U_{cr}$ 可知, 线路不发生电

晕, 取 $g=0$ 。

(a) 不考虑线路分布参数特性时

$$R = r l = 0.02625 \times 600 = 15.75 (\Omega)$$

$$X = x l = 0.281 \times 600 = 168.6 (\Omega)$$

$$B = b l = 3.956 \times 10^{-6} \times 600 = 2.374 \times 10^{-3} (S)$$

$$B/2 = 1.187 \times 10^{-3} (S)$$

可作等值电路如图 4 (a) (b) 所示。

(b) 精确考虑线路分布参数特性时

先求取 Z_c , γl

$$\gamma l = \sqrt{zy} l = 600 \sqrt{(0.02625 + j0.281)(j3.956 \times 10^{-6})} = 0.634 \angle 87.33^\circ = 0.0295 + j0.633$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{z}{y}} = \sqrt{\frac{0.2625 + j0.281}{j3.956 \times 10^{-6}}} = 267.1 \angle -2.67^\circ$$

求取

$$\sinh(\gamma l) = \sinh(0.0295 + j0.633) = 0.0238 + j0.592 = 0.593 \angle 87.7^\circ$$

$$\cosh(\gamma l) = \cosh(0.0295 + j0.633) = 0.806 + j0.0175 = 0.806 \angle 1.24^\circ$$

于是可作等值电路如图

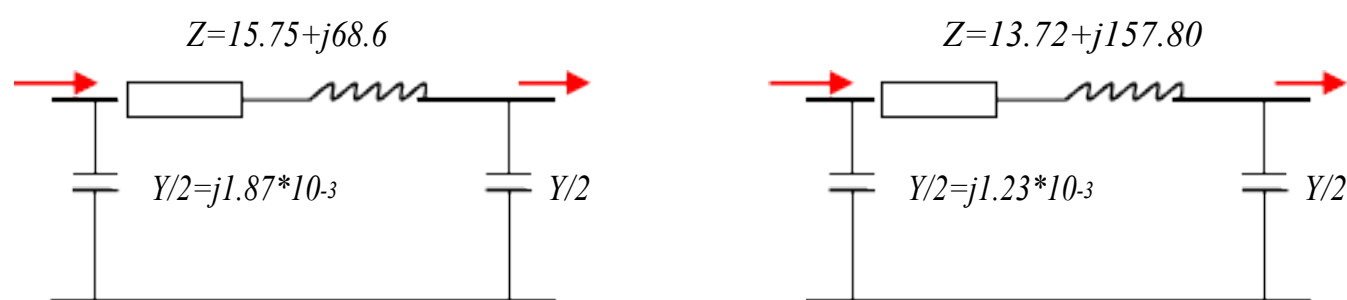


图 4 电力线路等值电路

(a) 不考虑线路分布参数特性时 (b) 精确考虑线路分布参数时

比较三种等值电路可见，对于远距离输电线路，若不考虑其分布参数，将给计算结果带来相当大的误差，电阻误差大于 10%，电抗次之，电纳更次之。

5.一台 220/121/10.5kV，120MVA，容量比 100/100/50 的 $Y_0/Y_0/\Delta$ 三相三绕组变压器（升压型）， $I_0\%=0.9$ ， $P_0=123.1kW$ ，短路损耗和短路电压百分数见下表。试计算励磁支路的导纳，各绕组电阻和等值漏抗。各参数归算到中压侧。

	高压-中压	高压-低压	中压-低压	
短路损耗（kW）	660	256	227	未归算到 S_N
短路电压（%）	24.7	14.7	8.8	已归算

解：

高中低压侧分别编号为 1、2、3 侧

1) 励磁支路导纳计算：

$$G_{T中}^{()} = \frac{P_0}{U_2^2} = \frac{123.1 \times 10^{-3}}{(121)^2} = 8.41 \times 10^{-6} S$$
$$B_{T中}^{()} = \frac{I_0 \%}{100} \cdot \frac{S_N}{U_2^2} = \frac{0.9}{100} \times \frac{120}{(121)^2} = 73.8 \times 10^{-6} S$$

2) 各绕组电阻计算：

$$P_{k1} = \frac{1}{2} (P_{k(1-2)} + 4 \times P_{k(3-1)} - 4 \times P_{k(2-3)}) = \frac{1}{2} (660 + 4 \times 256 - 4 \times 227) = 388 kW$$
$$P_{k2} = \frac{1}{2} (P_{k(1-2)} + 4 \times P_{k(2-3)} - 4 \times P_{k(3-1)}) = \frac{1}{2} (660 + 4 \times 227 - 4 \times 256) = 272 kW$$
$$P_{k3} = \frac{1}{2} (4 \times P_{k(2-3)} + 4 \times P_{k(3-1)} - P_{k(1-2)}) = \frac{1}{2} (4 \times 256 + 4 \times 227 - 660) = 636 kW$$

从而

$$R_{T1} = \frac{P_{k1}}{1000} \frac{U_2^2}{S_N^2} = \frac{388}{1000} \times \frac{121^2}{120^2} = 0.394 \Omega$$
$$R_{T2} = \frac{P_{k2}}{1000} \frac{U_2^2}{S_N^2} = \frac{272}{1000} \times \frac{121^2}{120^2} = 0.277 \Omega$$
$$R_{T3} = \frac{P_{k3}}{1000} \frac{U_2^2}{S_N^2} = \frac{636}{1000} \times \frac{121^2}{120^2} = 0.647 \Omega$$

3) 各绕组等值漏抗计算：

$$\begin{aligned}U_{k1} \% &= \frac{1}{2} \left[\left(U_{k(1-2)} \% + U_{k(1-3)} \% \right) - U_{k(2-3)} \% \right] = \frac{1}{2} \left[(24.7 + 14.7) - 8.8 \right] = 15.3 \\U_{k2} \% &= \frac{1}{2} \left[\left(U_{k(1-2)} \% + U_{k(2-3)} \% \right) - U_{k(1-3)} \% \right] = \frac{1}{2} \left[(24.7 + 8.8) - 14.7 \right] = 9.4 \\U_{k3} \% &= \frac{1}{2} \left[\left(U_{k(1-3)} \% + U_{k(2-3)} \% \right) - U_{k(1-2)} \% \right] = \frac{1}{2} \left[(14.7 + 8.8) - 24.7 \right] = -0.6\end{aligned}$$

于是

$$\begin{aligned}X_{T1} &= \frac{U_{k1} \%}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_N} = \frac{15.3}{100} \cdot \frac{121^2}{120} = 18.67 \\X_{T2} &= \frac{U_{k2} \%}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_N} = \frac{9.4}{100} \cdot \frac{121^2}{120} = 11.47 \\X_{T3} &= \frac{U_{k3} \%}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_N} = \frac{-0.6}{100} \cdot \frac{121^2}{120} = -0.73\end{aligned}$$

结果说明：

低压绕组等值电抗呈现负值，由于变压器属降压结构，使得计算得到短路电压百分数为负值，但并不表示这种低压绕组具有容性漏抗。三绕组变压器中压绕组或低压绕组等值电抗为负值是常见现象，近似计算时可取为零。

6.一台三相三绕组（升压型）自藕变压器 220/121/10.5kV，120MVA，容量比100/100/50 的 Y₀/Y₀/Δ，I₀%=0.5，P₀=90kW，短路损耗和短路电压百分数见下表。

	高压-中压	高压-低压	中压-低压	
短路损耗（kW）	430	228.8	280.3	未归算到 S _N
短路电压（%）	12.8	11.8	17.58	已归算

试计算

- 励磁支路的导纳，各绕组电阻和等值漏抗，各参数归算到中压侧。
- 变压器某一运行方式，高雅侧向中压侧输送功率 P₁+jQ₁=108+j15.4MVA，低压侧向中压侧输送功率 P₃+jQ₃=6+j42.3MVA，中压侧输出功率 P₂+jQ₂=101.8+j40.2MVA，试检查变压器是否过载。

解：高中低压侧分别编号为 1、2、3 侧，该变压器额定容量S_N=120MVA，低压绕组额定容量S_N=0.5S_N=60MVA，自藕部分变比k₁₂=242/121=2，效益系数k_η=1-1/2=0.5，公共绕组额定容量S_N=0.5S_N=60MVA。

变压器参数计算：

励磁支路导纳：

$$\begin{aligned}G_{T中} &= \frac{P_0}{U_2^2} = \frac{90}{(121)^2} \times 10^{-3} = 6.15 \times 10^{-6} S \\B_{T中} &= \frac{I_0 \%}{100} \cdot \frac{S_N}{U_2} = \frac{0.5}{100} \times \frac{120}{(121)^2} = 41.0 \times 10^{-6} S\end{aligned}$$

各绕组电阻：

各绕组短路损耗计算，

$$\begin{aligned}P_{k1} &= \frac{1}{2}(P_{k(1-2)} + 4 \times P_{k(3-1)} - 4 \times P_{k(2-3)}) = \frac{1}{2}(430 + 4 \times 228.8 - 4 \times 280.3) = 112\text{kW} \\P_{k2} &= \frac{1}{2}(P_{k(1-2)} + 4 \times P_{k(2-3)} - 4 \times P_{k(3-1)}) = \frac{1}{2}(430 + 4 \times 280.3 - 4 \times 228.8) = 318\text{kW} \\P_{k3} &= \frac{1}{2}(4 \times P_{k(2-3)} + 4 \times P_{k(3-1)} - P_{k(1-2)}) = \frac{1}{2}(4 \times 228.8 + 4 \times 280.3 - 430) = 803.2\text{kW}\end{aligned}$$

从而

$$\begin{aligned}R_{T1} &= \frac{P_{k1}}{1000} \frac{U_N^2}{S_N^2} = \frac{112}{1000} \times \frac{121^2}{120^2} = 0.1139\Omega \\R_{T2} &= \frac{P_{k2}}{1000} \frac{U_N^2}{S_N^2} = \frac{318}{1000} \times \frac{121^2}{120^2} = 0.323\Omega \\R_{T3} &= \frac{P_{k3}}{1000} \frac{U_N^2}{S_N^2} = \frac{803.2}{1000} \times \frac{121^2}{120^2} = 0.816\Omega\end{aligned}$$

各绕组等值漏抗：

$$\begin{aligned}U_{k1} \% &= \frac{1}{2}[(U_{k(1-2)} \% + U_{k(1-3)} \%) - U_{k(2-3)} \%] = \frac{1}{2}[(12.8 + 11.8) - 17.58] = 3.51 \\U_{k2} \% &= \frac{1}{2}[(U_{k(1-2)} \% + U_{k(2-3)} \%) - U_{k(1-3)} \%] = \frac{1}{2}[(12.8 + 17.58) - 11.8] = 9.29 \\U_{k3} \% &= \frac{1}{2}[(U_{k(1-3)} \% + U_{k(2-3)} \%) - U_{k(1-2)} \%] = \frac{1}{2}[(11.8 + 17.58) - 12.8] = 8.29\end{aligned}$$

于是

$$\begin{aligned}X_{T1} &= \frac{U_{k1} \%}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_N} = \frac{3.51}{100} \cdot \frac{121^2}{120} = 4.28\Omega \\X_{T2} &= \frac{U_{k2} \%}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_N} = \frac{9.29}{100} \cdot \frac{121^2}{120} = 11.33\Omega \\X_{T3} &= \frac{U_{k3} \%}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_N} = \frac{8.29}{100} \cdot \frac{121^2}{120} = 10.11\Omega\end{aligned}$$

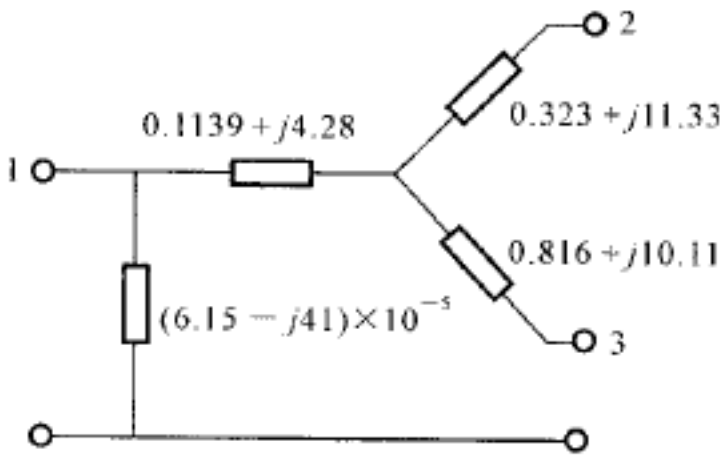


图 5

等值电路如图 5。与同电压等级同容量的三绕组变压器相比，自藕变压器自藕部分电阻为 $R_1+R_2=0.1139+0.323=0.437$ ，电抗， $X_1+X_2=4.28+11.33=15.61$ ，上例三绕组变压器 $R_1+R_2=0.671$ ，电抗， $X_1+X_2=30.14$ 。可见，采用自藕变压器电阻和漏抗分别减小了 34.9% 和 48.2%。

(1) 负载检查

高压侧负载

$$S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{108^2 + 15.4^2} = 109.1 MVA < S_N$$
$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \sqrt{101.8^2 + 40.2^2} = 109.4 MVA < S_N$$
$$S_3 = \sqrt{P_3^2 + Q_3^2} = \sqrt{6^2 + 42.3^2} = 42.7 MVA < 0.5 S_N$$

公共绕组负载

$$S_{com} = \sqrt{(K P_b + P_1)^2 + (K Q_b + Q_1)^2}$$
$$= \sqrt{(0.5 \times 108 + 6)^2 + (0.5 \times 15.4 + 42.3)^2}$$
$$= 69.3 MVA > K S_N (60 MVA)$$

变压器三侧均未过载，公共绕组过载约15%。

7. 电力线路长 80km，线路采用 LGJ-120 导线，其参数为 $Z_l=21.6+j33 \Omega$ ， $B_l/2=1.1 \times 10^{-4} S$ ，线路额定电压为 110KV，末端接有一台容量为 20MVA、变比为 110/38.5KV 的降压变压器，折算到变压器高压侧的变压器参数为： $Z_T=4.93+j63.5 \Omega$ ， $Y_T=(4.95-j49.5) \times 10^{-6} S$ ，变压器低压侧负荷为 $15+j11.25 MVA$ ，正常运行时要求线路始端电压 U_1 为 117.26KV。试画出网络等值电路，计算该输电电网的潮流、电压分布（有名值、标么值均可）。

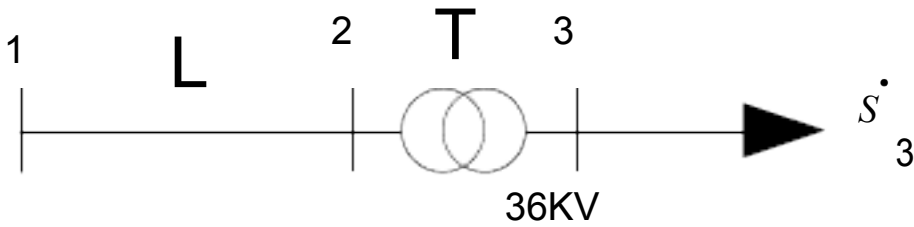


图 6

解：由已知条件绘制网络等值电路为

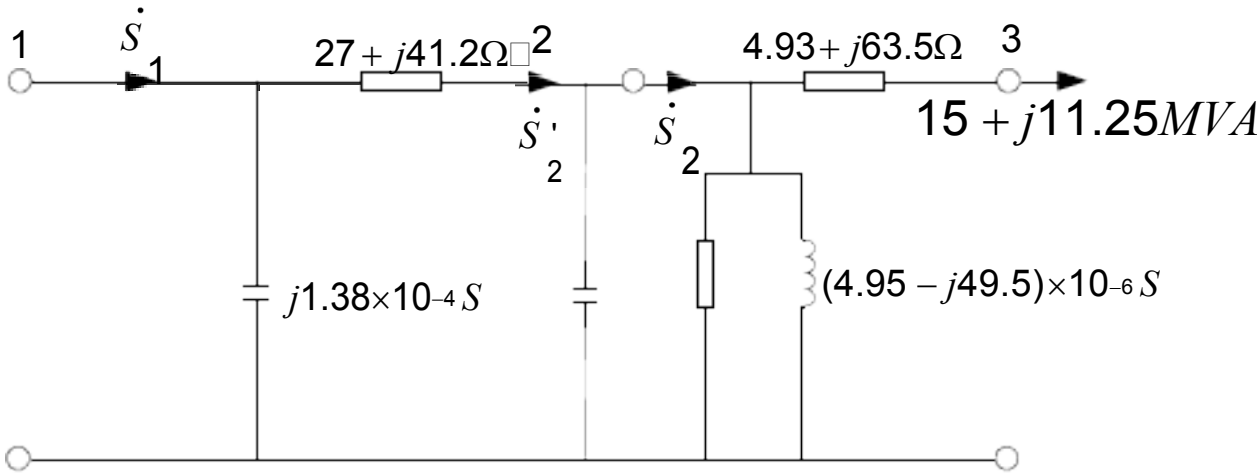


图 7

先设全网各节点电压为线路额定电压，求潮流分布（由末端向始端推算功率损耗及功率分

布)。

1

）从末端向始端推算各元件的功率损耗和全网功率分布而不计算各节点电压。变压器功率损耗：

$$\begin{aligned}\Delta \dot{S}_{ZT} &= \left(\frac{S}{U_N} \right)^2 Z = \frac{P^2 + Q^2}{U_N^2} (R_T + jX_T) = \frac{15^2 + 11.25^2}{110^2} (4.93 + j63.5) = 0.14 + j1.85 \\ &= \Delta P_{ZT} + j\Delta Q_{ZT}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta S_{yT} &= U_N \left(Y_T U_N \right) = (G_T + jB_T) U_N^2 \\ &= 110^2 (4.95 + j49.5) \times 10^{-6} \\ &= 0.06 + j0.6\end{aligned}$$

线路末端导纳支路功率损耗：

$$\Delta \dot{S}_{y2} = U_N \left(\frac{Y}{2} \dot{U}_N \right)^* = \frac{1}{2} (G - jB) U_N^2 = 110^2 \times (-j1.1) \times 10^{-4} = -j1.33$$

线路阻抗支路末端功率：

$$\begin{aligned}S'_2 &= S_3 + \Delta S_{ZT} + \Delta S_{yT} + \Delta S_{y2} \\ &= (15 + 0.14 + 0.06) + j(11.25 + 1.85 + 0.6 - 1.33) \\ &= 15.2 + j12.37\end{aligned}$$

线路阻抗损耗：

$$\begin{aligned}\Delta S_Z &= \left(\frac{S'}{U_N} \right)^2 Z = \frac{P'^2 + Q'^2}{U_N^2} (R + jX) \\ &= \frac{15.2^2 + 12.37^2}{110^2} (21.6 + j33) = 0.69 + j1.056\end{aligned}$$

线路首端导纳支路功率损耗：

$$\Delta \dot{S}_{y1} = U_N \left(\frac{Y}{2} \dot{U}_N \right)^* = \frac{1}{2} (G - jB) U_N^2 = 110^2 \times (-j1.1) \times 10^{-4} = -j1.33$$

首端功率：

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/186205023105010153>