

# 第一章 电力系统的基本概念

## 1、什么是电力系统、电力网？

答：把发电、变电、输电、配电和用户的整体称电力系统。

把除开发电机和用户以外的变配电和输电部分称电力网。

## 2、电力系统运行的特点有哪些，对电力系统的基本要求是什么？

答：电能生产、输送、消费的特点

- (1) 电能与国民经济各个部门之间的关系都很密切
- (2) 电能不能大量储存
- (3) 生产、输送、消费电能各环节所组成的统一整体不可分割
- (4) 电能生产、输送、消费工况的改变十分迅速
- (5) 对电能质量的要求颇为严格

基本要求

- (1) 保证可靠地持续供电
- (2) 保证良好的电能质量
- (3) 保证系统运行的经济性

## 3、电力系统中将负荷分为几级，如何考虑对其供电？

答：三级：第一级负荷、第二级负荷和第三级负荷。

对第一级负荷要保证不间断供电；对第二级负荷，如有可能，也要保证不间断供电

## 4、电力系统接线方式的有备用、无备用接线方式各有几种基本形式？

答：有备用接线：双回路放射式、干线式、链式以及环式和两端供电网络

无备用接线：单回路放射式、干线式和链式网络。

## 5、为什么要高压交流输电？是否各种电力线路都要采用高压输电？

答：高压交流输电节省电量因传播过程中发热等而引起的损耗。远距离需要，近距离没必要。

## 6、电力系统为什么有不同的电压等级？升压变压器和降压变压器的额定电压有何区别？

答：因为三相功率  $S$  和线电压  $U$ 、线电流  $I$  之间的关系为  $S = \sqrt{3} UI$ 。当输送功率一定时，输电电压愈高，电流愈小，导线等载流部分的截面积愈小，投资愈小；但电压愈高，对绝缘的要求愈高，杆塔、变压器、断路器等绝缘的投资也愈大。

## 7、电力线路、发电机、变压器的一次和二次绕组的额定电压是如何决定的？

答：

1. 取线路始端电压为额定电压的 105%；
2. 取发电机的额定电压为线路额定电压的 105%；
3. 变压器分升压变和降压变考虑

升压：一次侧=线路额定电压（=发电机额定电压 105%与发电机相连）

二次侧=110%线路额定电压

降压：一次侧=线路额定电压

二次侧=110%（接负荷）或 105%（不接负荷）线路额定电压

8、电力系统中性点运行方式有几种，各适用于什么范围？

答:直接接地和不接地两类。直接接地适用于 110KV 以上系统；不接地适用于 35KV 以下系统。

## 第二章 电力系统各元件的特点得数学模型

1、普通三绕组变压器的哪些试验参数需要归算，如何归算？如何计算各绕组的电阻、电抗，其原则是什么？

答:短路损耗，短路电压

短路损耗：对 100/50/100

$$P_{k(1-2)} = P'_{k(1-2)} \left( \frac{I_N}{I_N/2} \right)^2 = 4P'_{k(1-2)}$$

$$P_{k(2-3)} = P'_{k(2-3)} \left( \frac{I_N}{I_N/2} \right)^2 = 4P'_{k(2-3)}$$

短路电压：100/100/50

$$U_{k(1-3)}\% = 2U'_{k(1-3)}\%$$

$$U_{k(2-3)}\% = 2U'_{k(2-3)}\%$$

计算电阻：

$$R_{T1} = \frac{P_{k1} U_N^2}{1000 S_N^2}, \quad R_{T2} = \frac{P_{k2} U_N^2}{1000 S_N^2}, \quad R_{T3} = \frac{P_{k3} U_N^2}{1000 S_N^2}$$

电抗：XT1=Uk1%UN<sup>2</sup>/100SN

XT2= Uk2%UN<sup>2</sup>/100SN

XT3=Uk3%UN<sup>2</sup>/100SN

换算原则：按同一电流密度选择各绕组导线截面积

2、三绕组自耦变压器哪些试验数据需要归算，如何归算？

答：短路电压,短路损耗

$$P_{k(1-3)} = P'_{k(1-3)} \left( \frac{S_N}{S_3} \right)^2, \quad P_{k(2-3)} = P'_{k(2-3)} \left( \frac{S_N}{S_3} \right)^2$$

$$U_{k(1-3)}\% = U'_{k(1-3)}\% \left( \frac{S_N}{S_3} \right), \quad U_{k(2-3)}\% = U'_{k(2-3)}\% \left( \frac{S_N}{S_3} \right)$$

3、为什么需要使用分裂导线和扩径导线？

答：为了减少电晕和线路阻抗

4、架空输电线为什么需要换位，规定是什么？

答：架空输电线的换位是为了减少三相参数的不平衡；

规定：在中性点直接接地的电力系统中，长度超过 100KM 的架空线路都应换位

5、为什么电力线路计算中使用的电阻率略大于直流电阻率？

答:因为需要计及集肤效应，而且绞线每一股线的长度略长于导线长度，而计算采用的额定面积又多半略大于实际截面积。

6、架空输电线路的电抗、电导、电纳的意义是什么？其电抗、电纳如何计算？

答：电抗  $x$ ：反映输电线路的磁场效应

电导  $g$ ：反映输电线路的电晕现象和电流泄漏

电纳  $b$ ：反映输电线路的电场效应

电抗  $x_1 = 0.1445 \lg \frac{D_m}{r} + 0.0157$

电纳  $b_1 = \frac{7.58}{\lg \frac{D_m}{r}} \times 10^{-6} \text{ (S/km)}$

7、电晕临界电压有何意义，如何计算？如何判断输电线路是否发生电晕？

答：  $U_{cr} = E_{cr} r \ln \frac{D_m}{r} = 49.3 m_1 m_2 \delta r \lg \frac{D_m}{r}$  电晕临界电压是指线路开始发生电晕的起始电压；判断输电线路是否发生电晕首先要确定导线表面的电场强度；还要确定空气开始电离时的电场强度。

8、当输电线路的线间距离增加时，其单位长度的电抗、电纳如何变化？而其导线半径增加时，又如何变化？

答：输电线路的线间距增加时，电抗减小，电纳增大；导线半径增加时，电抗减小，电纳增大。

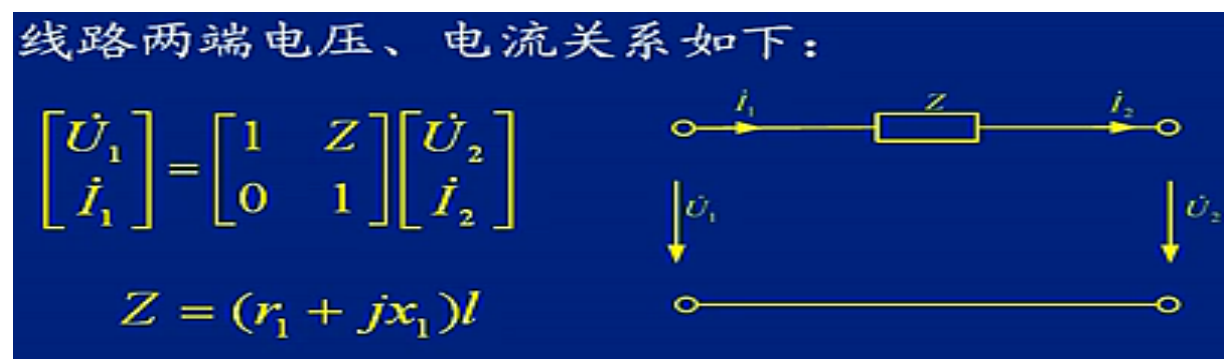
9、当输电线路采用分裂导线的根数增加时，其单位长度的电抗、电纳如何变化？

答：当分裂导线根数增加时，其单位长度的电抗减小，电纳增大。

10、短线路、中等长度线路和长线路如何划分？等值电路的形式是什么？

答：短线路是指长度不超过 100km 的架空线路；中等长度线路是指长度在 100-300km 之间的架空线路和不超过 100km 的电缆线路；而长线路是指长度超过 300km 的架空线路得超过 100km 的电缆线路。

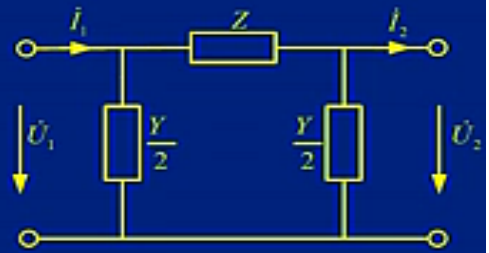
短线路的等值电路：只有一个串联的总阻抗  $Z=R+jX$ (简单等值电路)



中等长度线路的等值电路：  $\pi$  形等值电路和  $T$  形等值电路，常用  $\pi$  形等值电路。

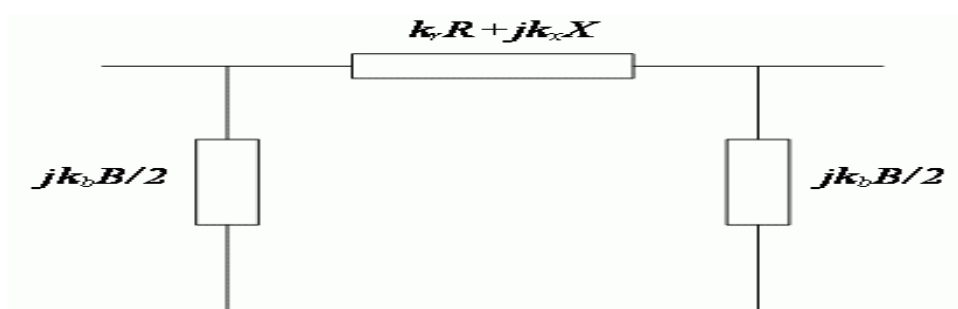
线路两端电压、电流关系如下：

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_1 \\ \dot{I}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{ZY}{2} + 1 & Z \\ Y(\frac{ZY}{4} + 1) & \frac{ZY}{2} + 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_2 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix}$$



$$Z = (r_1 + jx_1)l \quad Y = jb_1l \quad l: \text{线路总长度}$$

长线路的等值电路： 均匀分布参数电路



11、什么是综合用电负荷、供电负荷和发电负荷？

答：将工业、农业、邮电、交通、市政、商业以及城乡居民所消耗的功率相加，就可得所谓电力系统的综合用电负荷。

综合用电负荷加网络中损耗的功率就是系统中各发电厂应供应的功率，因而称电力系统的供电负荷。

供电负荷再加各发电厂本身消耗的功率—厂用电，就是系统各发电机应发的功率，称电力系统的发电负荷。

12、电力系统标幺值计算中常用哪些基准值，其关系如何？有几个可以任意选取，一般取什么，如何取？

答：基准值有：阻抗、导纳、电压、电流、功率

关系：

$$S_B = \sqrt{3} U_B I_B ; U_B = \sqrt{3} Z_B I_B ; Y_B = 1/Z_B \quad (2-66)$$

五个基准值中只有两个可以任意选择

功率基准值  $S_B$  往往取系统中某一发电厂总功率或系统总功率，有时也取某一个整数。如 100、1000MVA。电压基准值  $U_B$  往往取参数和变量都将向其归算的该级额定电压。

13、多电压级网络中，标幺值的准确计算有几种方法？

答：两种：一是将网络各元件阻抗、导纳以及网络中各点电压、电流的有名值都归算到同一电压级——基本级，然后除以与基本级相对应的阻抗、导纳、电压、电流基准值，即：

$$\left. \begin{aligned} Z_* &= \frac{Z}{Z_B} = Z \frac{S_B}{U_B^2} \\ Y_* &= \frac{Y}{Y_B} = Y \frac{U_B^2}{S_B} \\ U_* &= \frac{U}{U_B} \\ I_* &= \frac{I}{I_B} = I \frac{\sqrt{3} U_B}{S_B} \end{aligned} \right\}$$

一是将未经归算的各元件阻抗、导纳以及网络中各点电压、电流的有名值除以由基本级归算到这些量所在电压级的阻抗、导纳、电压、电流基准值，即

$$\left. \begin{aligned} Z_* &= \frac{Z'}{Z_B} = Z' \frac{S'_B}{U_B'^2} \\ Y_* &= \frac{Y'}{Y_B} = Y' \frac{U_B'^2}{S'_B} \\ U_* &= \frac{U'}{U_B} \\ I_* &= \frac{I'}{I_B} = I' \frac{\sqrt{3} U_B'}{S'_B} \end{aligned} \right\} \quad \left. \begin{aligned} S'_B &= S_B \\ U'_B &= U_B \left( \frac{1}{k_1 k_2 k_3 \dots} \right) \\ I'_B &= I_B (k_1 k_2 k_3 \dots) \\ Z'_B &= Z_B \left( \frac{1}{k_1 k_2 k_3 \dots} \right)^2 \\ Y'_B &= Y_B (k_1 k_2 k_3 \dots)^2 \end{aligned} \right\}$$

### 第三章简单电力网络的计算和分析

#### 1、什么是电压损耗、电压偏移、电压调整和输电效率？ P76

答：电压损耗是指线路始末两端电压的数值差（ $U_1 - U_2$ ）。

电压偏移是指线路始端或末端电压与线路额定电压的数值差（ $U_1 - U_N$ ）或（ $U_2 - U_N$ ）。

电压调整是指线路末端空载与负载是电压的数值差（ $U_{20} - U_2$ ）。

输电效率是指线路末端输出有功功率  $P_2$  与线路始端输入有功功率  $P_1$  的比值。

#### 2、在什么条件下，电力线路的末端电压将高于始端？

答：轻载时，线路串联支路消耗的无功功率远远小于并联支路产生的无功功率，则末端电压高于始端电压

#### 3、什么是运算电源功率、运算负荷功率？

答：手算时，往往将变电所或发电厂母线上所连接线路对地电纳中无功功率的一半也并入等值负荷或等值电源功率，并分别称之为运算负荷功率或运算电源功率。

#### 4. 手算环网的潮流分布时， $S_a$ 、 $S_b$ 如何计算，在初步功率分布中有何意义？

答：

$$\tilde{S}_a = \frac{(Z_{23}^* + Z_{31}^*) \tilde{S}_2 + Z_{31}^* \tilde{S}_3}{Z_{12}^* + Z_{23}^* + Z_{31}^*} \quad \tilde{S}_b = \frac{(Z_{23}^* + Z_{21}^*) \tilde{S}_3 + Z_{21}^* \tilde{S}_2}{Z_{12}^* + Z_{23}^* + Z_{31}^*}$$

求得这些功率后可以找到网络中某些节点的功率是由两侧向其流动的。这种节点称功率分点。

#### 5. 什么是电力系统中有功功率、无功功率的分点？哪个分点的电压最低？

答：网络中某些点的功率是由两侧向其流动的，这种节点称功率分点。有功分点（记▼）和无功分点（记▽），有功分点和无功分点不一致时，在哪一个分点解列：

在无功分点处解列，电网应在电压最低处解列，而电压损耗主要由无功功率流动引起，无功分点电压往往低于有功分点电压。

#### 6. 环网中的循环功率有何特点，如何计算？

答：两端供电网络的两端电压不等时，有两端电压相等时的功率，也产生了一个取决于  $dU$  和回路总阻抗的功率，称循环功率，用  $S_c$  表示：

$$\tilde{S}_c = \frac{U_N d\dot{U}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{34}}$$

#### 7. 为什么电力网络中需要进行强制功率分布？用什么方法实现？

答：因为功率自然分布时候，有可能不满足安全、优质、经济供电要求出发，所以中潮流需要控制。借附加串联加压器、串联电容以及串联电抗来实现。

## 第五章 电力系统的有功功率得频率调整

### 1. 负荷变动规律有几种，如何调整？

答：负荷变动规律有三种，可分为三次调整，分别为一次调整；二次调整；和三次调整（这个名词不常用，它其实是指按最优化准则分配第三种有规律变动，即责成各发电厂按事先给定的发电负荷曲线发电）

### 2. 电力系统频率的一次、二次调整如何进行，各有何特点？

答：一次调整指由发电机组的调速器进行的、对第一种负荷变动引起的频率的调整，属于有差调整；二次调整指由发电机的调频器进行的、对第二种负荷变动引起的频率偏移的调整，属于无差调整。

### 3. 为什么电力系统需要备用容量？

答：因为不是所有发电设备全部不间断地投入运行，也不是所有投入运行的发电厂设备都能按额定容量发电，例如，必须定期停机检修，某些水电厂的发电机由于水头的极度降低不能按额定容量运行等。因此，系统调度部门应及时、确切掌握系统中各发电厂预计可投入发电设备的可发功率，系统电源容量应不小于包括网络损耗得厂用电在内的系统（总）发电负荷。而且，为保证可靠供电得良好的电能质量，应大于系统发电负荷，系统电源容量大于发电负荷的部分称系统的备用容量。

### 4. 发电机与负荷的单位调节功率的意义是什么？什么是发电机的调差系数？

答：发电机的单位调节功率标志了随频率的升降发电机组发出功率减少或增加的多寡；而负荷的单位调节功率标志了随频率的升降负荷消耗功率增加或减少的多寡。

发电机的调差系数是调差的能力，对于一台发电机来说，调差系数越小，发电机能够承受的调差功率越大。所以调差系数不能整定的太小了，会影响负荷的分配。

5. 频率的一次、二次调整能否做到无差调节?

答: 一次调整是有差调节, 二次调整才能做到无差调节。

6. 调频电厂应该如何选择, 这类电厂有何主要特点?

答: 调频厂调整的容量应足够大, 调整速度应足够快, 调整范围内的经济性能应较好, 调整时不至引起系统内部或系统间联络线工作的困难等。这类电厂主要担负二次调整任务。

7. 写出电力系统有功功率最优分配的数学模型。

答: 目标函数:

$$F_{\Sigma} = F_1(P_{G1}) + F_2(P_{G2}) + \cdots + F_n(P_{Gn}) = \sum_{i=1}^n F_i(P_{Gi})$$

等式约束条件即有功功率必须保持平衡的条件:

$$\sum_{i=1}^n P_{Gi} - \sum_{i=1}^n P_{LDi} - \Delta P_{\Sigma} = 0$$

不计网络中总损耗  $\Delta P_{\Sigma}$  时, 上式改写为:

$$\sum_{i=1}^n P_{Gi} - \sum_{i=1}^n P_{LDi} = 0$$

## 第六章电力系统的无功功率得电压调整

1. 无功功率电源有哪些? 哪些可以平滑调节?

答: 无功功率电源除了发电机外, 还有电容器、调相机得静止补偿器等, 分散在各变电所; 发电机 (不确定)、调相机、TCR 型和 SR 型静止补偿器可以可滑调节。

2. 限制冲击负荷电压波动的措施是什么?

答: 由大容量变电所以专用母线或线路单独向这类负荷供电所; 在发生电压波动的地点和电源之间设置串联电容器; 在这类负荷附近设置调相机, 并在其供电线路上串联电抗器; 在这类负荷的供电线路上设置静止补偿器。

3. 什么是电力系统的逆调压、顺调压、常调压?

答: 高峰负荷时升高电压、低谷负荷时降低电压的中枢点电压调整方式称逆调压; 顺调压是指高峰负荷时允许电压略低, 低谷负荷时, 允许中枢点电压略高; 而常调压是指在任何负荷下都保持中枢点电压为一基本不变的数值。

4. 电力系统的电压调整有几种主要措施？

答：电压调整主要有借改变发电机端电压调压、借改变变压器变比调压、借补偿设备调压以及组合调压。

5. 选择变压器分接头进行调压的特点是什么？

答：变压器退出运行才能改变分接头；常性调压必须采用有载调压变压器；常性调压采用串联加压器需附加设备。