



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

短路电流及其计算

短路电流的计算—标么制法

主讲：卞建鹏

1、标么制法

任一物理量的标么值，为该物理量的**实际量**与所选定的**基准值**的比值，即

$$A_d^* = \frac{A}{A_d}$$

按标么制法进行短路计算时，先选定基准容量 S_d 和基准电压 U_d 。

基准容量，工程设计中通常取 $S_d = 100 \text{ MVA}$ 。

基准电压，通常取元件所在处的短路计算电压，即取 $U_d = U_c$ 。

基准电流

$$I_d = \frac{S_d}{\sqrt{3}U_d} = \frac{S_d}{\sqrt{3}U_c}$$

基准电抗

$$X_d = \frac{U_d}{\sqrt{3}I_d} = \frac{U_c^2}{S_d}$$

1、标么制法

各主要元件的电抗标么值的计算（取 $S_d=100 \text{ MVA}$, $U_d=U_c$ ）

(1) 电力系统的电抗标么值
$$X_S^* = \frac{X_S}{X_d} = \frac{U_c^2 / S_{oc}}{U_c^2 / S_d} = \frac{S_d}{S_{oc}}$$

(2) 电力变压器的电抗标么值

$$X_T^* = \frac{X_T}{X_d} = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{U_c^2}{S_N} / \frac{U_c^2}{S_d} = \frac{U_k \% S_d}{100 S_N}$$

(3) 电力线路的电抗标么值

$$X_{WL}^* = \frac{X_{WL}}{X_d} = \frac{X_0 l}{U_c^2 / S_d} = X_0 l \cdot \frac{S_d}{U_c^2}$$

1、标么制法

无限大容量系统三相短路电流周期分量有效值的标么值按下式计算（标么值制法一般用于高压电路短路计算，通常只计电抗）：

$$I_k^{(3)*} = \frac{I_k^{(3)}}{I_d} = \frac{U_c / \sqrt{3} X_\Sigma}{S_d / \sqrt{3} U_c} = \frac{U_c^2}{S_d X_\Sigma} = \frac{1}{X_\Sigma^*}$$

可求得三相短路电流周期分量有效值为

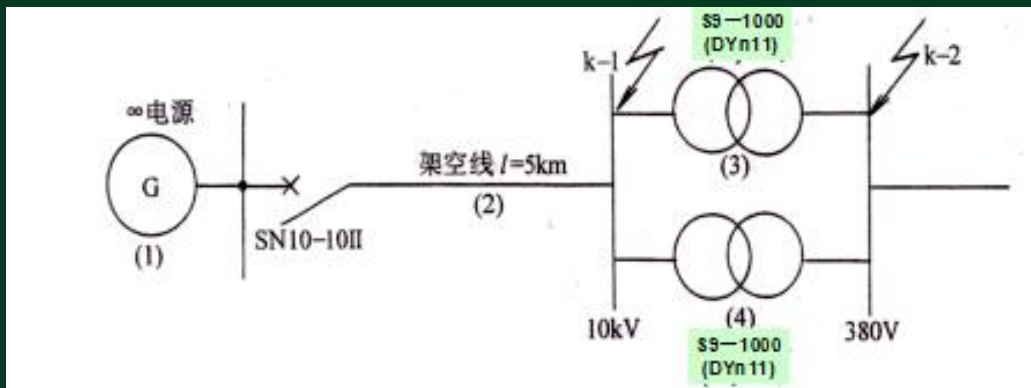
$$I_k^{(3)} = I_k^{(3)*} I_d = \frac{I_d}{X_\Sigma^*}$$

三相短路容量

$$S_k^{(3)} = \sqrt{3} I_k^{(3)} U_c = \frac{\sqrt{3} I_d U_c}{X_\Sigma^*} = \frac{S_d}{X_\Sigma^*}$$

1、标么制法

已知电力系统出口断路器为SN10-10 II 型。试求工厂变电所高压 10kV母线上k-1点短路和低压 380V母线上k-2点短路的三相短路电流和短路容量。



1、标么制法

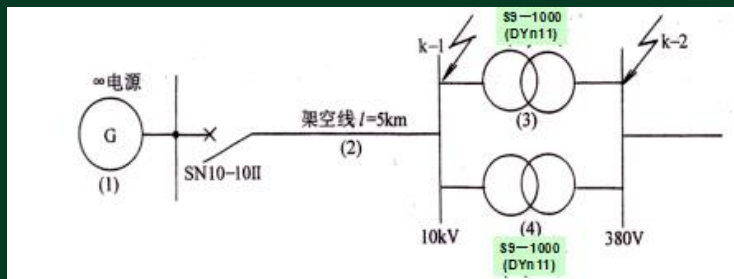
(1) **确定基准值** $S_d = 100MVA, U_{c1} = 10.5kV, U_{c2} = 0.4kV$

$$I_{d1} = \frac{S_d}{\sqrt{3}U_{c1}} = \frac{100MVA}{\sqrt{3} \times 10.5kV} = 5.50kA \quad I_{d2} = \frac{S_d}{\sqrt{3}U_{c2}} = \frac{100MVA}{\sqrt{3} \times 0.4kV} = 144kA$$

(2) 计算短路电路中各主要元件的电抗标么值

1) **电力系统的电抗标么值**

$$X_1^* = \frac{S_d}{S_{oc}} = \frac{100MVA}{500MVA} = 0.2$$



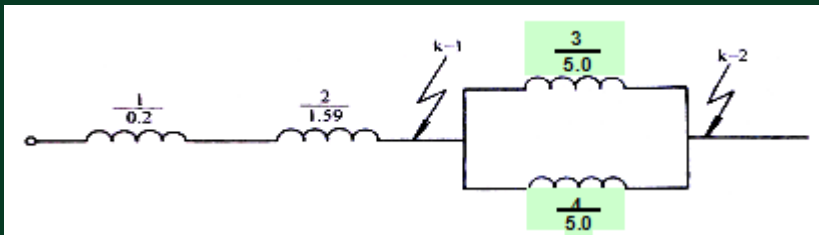
1、标么制法

2) 架空线路的电抗标么值 $X_0 = 0.35\Omega/km$

$$X_2^* = X_0 l \frac{S_d}{U_{c1}^2} = 0.35(\Omega/km) \times 5km \times \frac{100MVA}{(10.5kV)^2} = 1.59$$

3) 电力变压器的电抗标么值 $U_k \% = 5$

$$X_3^* = X_4^* = \frac{5 \times 100MVA}{100 \times 1000kVA} = \frac{5 \times 100 \times 10^3 kVA}{100 \times 1000kVA} = 5.0$$



1、标么制法

(3) 计算三相短路电流和短路容量

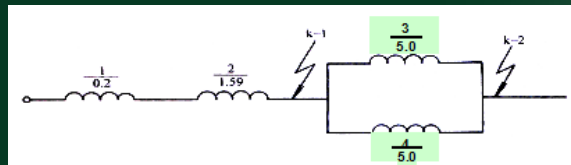
1) $k-1$ 点的总电抗标么值 $X_{\Sigma(k-1)}^* = X_1^* + X_2^* = 0.2 + 1.59 = 1.79$

2) 三相短路电流
周期分量有效值

$$I_{k-1}^{(3)} = \frac{I_{d1}}{X_{\Sigma(k-1)}^*} = \frac{5.5kA}{1.79} = 3.07kA$$

3) 其他三相短路电流 $I''^{(3)} = I_{\infty}^{(3)} = I_{k-1}^{(3)} = 3.07kA$

$$i_{sh}^{(3)} = 2.55I''^{(3)} = 2.55 \times 3.07kA = 7.83kA$$



4) 三相短路容量

$$S_{k-1}^{(3)} = \frac{S_d}{X_{\Sigma(k-1)}^*} = \frac{100MVA}{1.79} = 55.9MVA$$

1、标么制法

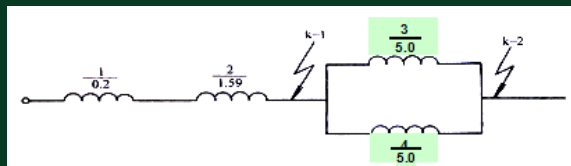
(4) 计算三相短路电流和短路容量

1) $k-2$ 点的总电抗标么值

$$X_{\Sigma(k-2)}^* = X_1^* + X_2^* + X_3^* // X_4^* = 0.2 + 1.59 + \frac{5.0}{2} = 4.29$$

2) 三相短路电流周期分量有效值

$$I_{k-2}^{(3)} = \frac{I_{d2}}{X_{\Sigma(k-2)}^*} \frac{144kA}{4.29} = 33.6kA$$



3) 其他三相短路电流 $I''^{(3)} = I_{\infty}^{(3)} = I_{k-2}^{(3)} = 33.6kA$

$$i_{sh}^{(3)} = 1.84 \times 33.6kA = 61.8kA$$

4) 三相短路容量 $S_{k-2}^{(3)} = \frac{S_d}{X_{\Sigma(k-2)}^*} = \frac{100MVA}{4.29} = 23.3MVA$

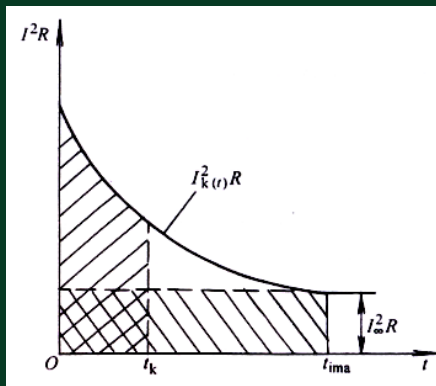
2、动稳定与热稳定校验

工程上，电器的**动稳定**通常用**极限通过电流**（即额定峰值耐受电流）来表示。满足动稳定的等效条件是： $i_{\max} \geq i_{\text{sh}}^{(3)}$

对于电器，满足**热稳定**的等效条件是：

电器的**热稳定电流**和**热稳定实验时间**

$$I_t^2 t \geq I_\infty^2 t_{\text{ima}}$$



短路发热假想时间：继电保护动作时间+断路器开断时间+0.05s

2、动稳定与热稳定校验

对于**载流导体截面**，满足热稳定的等效条件是：

$$A \geq \frac{I_{\infty}}{C} \sqrt{t_{\text{ima}}}$$

导体种类和材料		最高允许温度/°C		热稳定系数 C /A·mm ²
		额定负荷时	短路时	
母线或绞线	铜	70	300	171
	铝	70	200	87
500V橡皮绝缘导线和电力电缆	铜芯	65	150	131
500V聚氯乙烯绝缘导线和1~6kV电力电缆	铜芯	70	160	115
1~10kV交联聚乙烯绝缘电力电缆，乙丙橡胶电力电缆	铜芯	90	250	143

2、动稳定与热稳定校验

工厂变电所380V侧铝LMY母线的短路热稳定度。已知此母线的短路保护动作时间为0.6s，低压断路器的断路时间为0.1s，该母线正常运行时最高温度为55°C。

$$t_{ima} = t_k + 0.05s = t_{op} + t_{oc} + 0.05s = 0.6s + 0.1s + 0.05s = 0.75s$$

$$I_{\infty}^{(3)} = 33.7kA = 33.7 \times 10^3 A$$

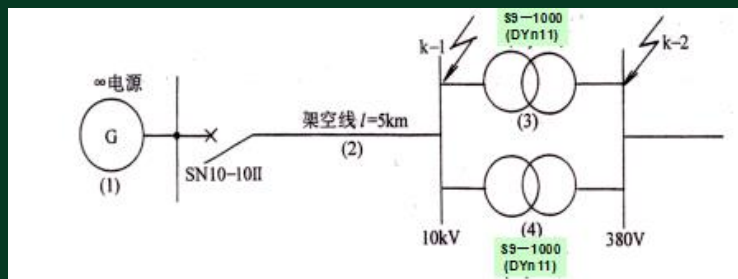
查表 $C=87$

$$A \geq \frac{I_{\infty}}{C} \sqrt{t_{ima}} = \frac{33.7 \times 10^3}{87} \sqrt{0.75} = 33.5mm^2$$

$A = 100 \times 10mm^2 > 33.5mm^2$ 因此满足短路热稳定要求。

小结

1. 标么制法
2. 动稳定与热稳定校验



满足热稳定的导体截面积：
$$A \geq \frac{I_{\infty} \times 10^3}{C} \sqrt{t_{ima}}$$