



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

短路电流及其计算

无限大容量电力系统短路分析

主讲：卞建鹏

1、短路的主要原因

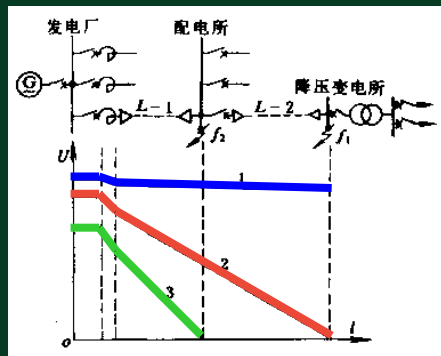
- (1) 绝缘材料的自然老化，设计、安装及维护不良所带来的设备缺陷发展成短路。
- (2) 恶劣天气：雷击造成的闪络放电或避雷器动作，架空线路由于大风或导线覆冰引起电杆倒塌等。
- (3) 人为误操作，如运行人员带负荷拉刀闸，线路或设备检修后未拆除地线就加上电压引起短路。
- (4) 挖沟损伤电缆，鸟兽跨接在裸露的载流部分等。



2、短路的危害

(1) 电流剧增：设备发热增加，若短路持续时间较长，可能使设备过热甚至损坏；由于短路电流的电动力效应，导体间还将产生很大的机械应力，致使导体变形甚至损坏。

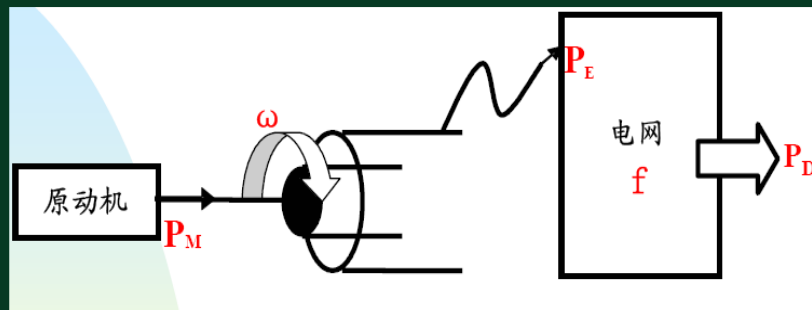
(2) 电压大幅度下降，对用户影响很大。



2、短路的危害

(3) 当短路发生地点离电源不远而持续时间又较长时，并列运行的发电机可能失去同步，破坏系统运行的稳定性，造成大面积停电，这是短路最严重的后果。

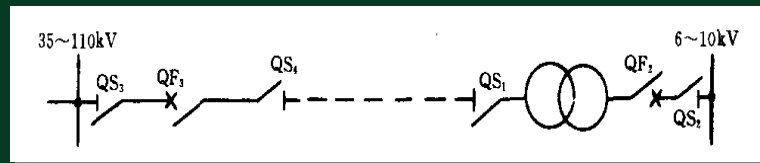
(4) 发生不对称短路时，三相不平衡电流会在相邻的通讯线路感应出电动势，影响通讯。



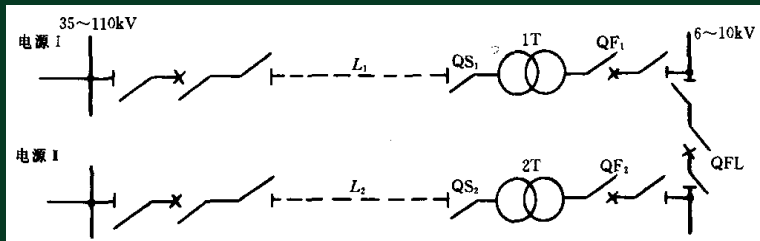
3、计算短路电流的目的

- (1) 选择电气设备（断路器、母线、电缆等）的依据；
- (2) 电力系统继电保护设计和整定的基础；
- (3) 比较和选择发电厂和电力系统电气主接线图的依据，根据它可以确定限制短路电流的措施。

方案1



方案2



3、计算短路电流的目的

电气设备的选择

额定电压 $U_N \geq U_{W,max}$ 额定电流 $I_N \geq I_{W,max}$

◆ 动稳定校验

电器的极限通过电流峰值 $i_{max} \geq i_{sh}$

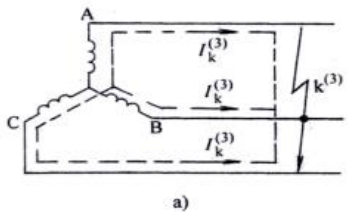
◆ 热稳定校验

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

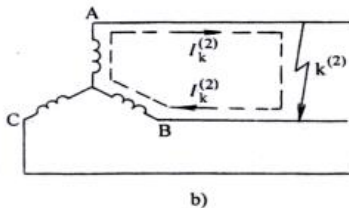
式中， I_t 为电气设备在 t 为秒时间内的热稳定电流； t 为热稳定试验时间（s）； t_{ima} 为假想时间（s）。

4、短路的类型

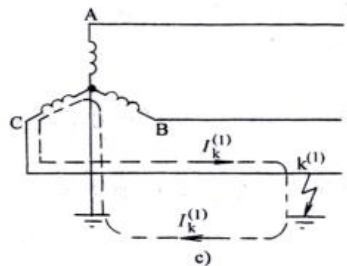
三相短路



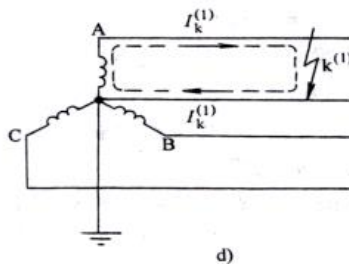
两相短路



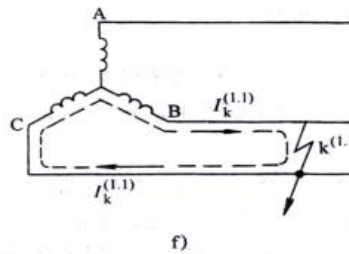
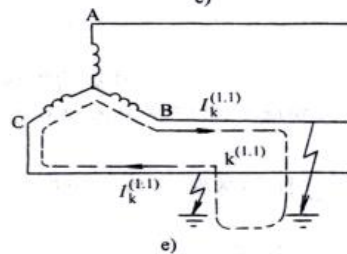
单相接地
短路



单相短路

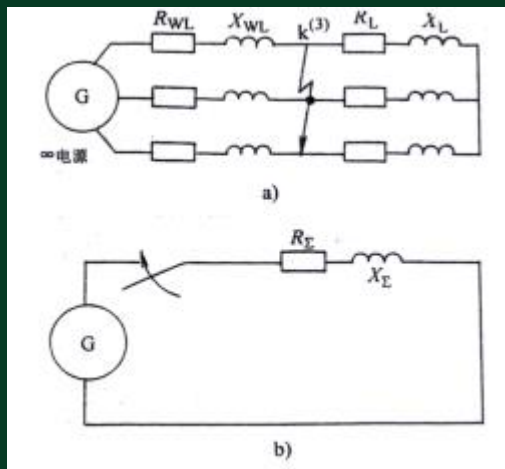


两相接地短路



5、无限大容量电力系统三相短路

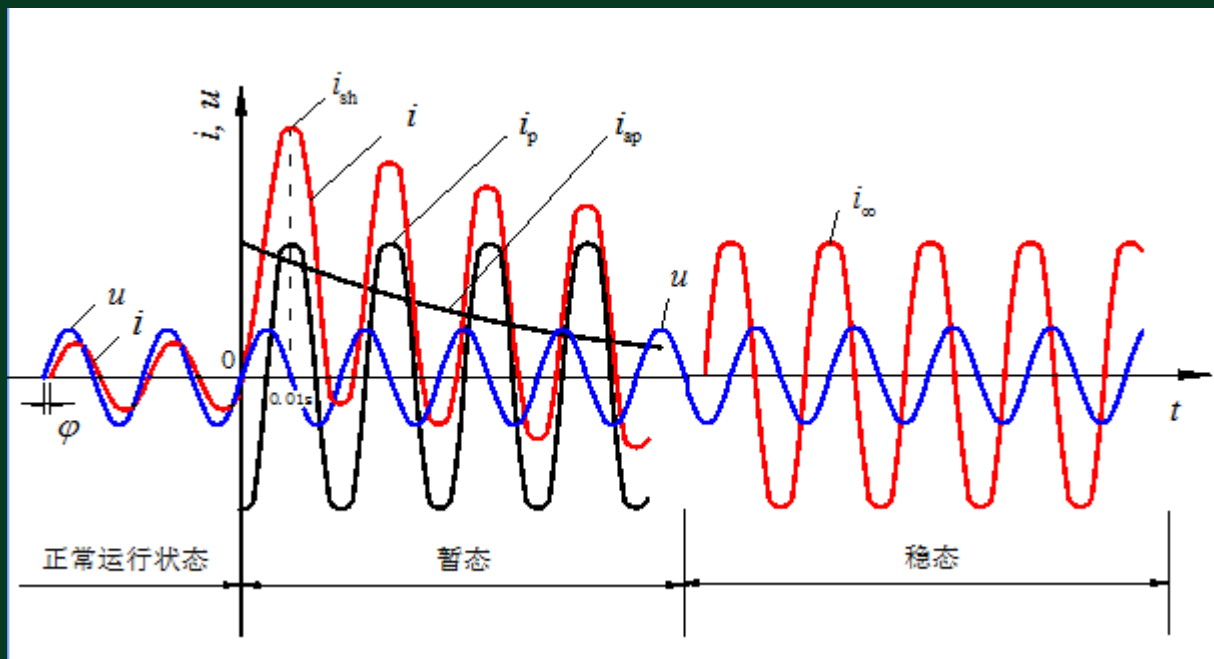
- ◆是指系统的容量为 ∞ ，内阻抗为零。
- ◆在电源外部发生短路，电源母线上的电压基本不变。
- ◆在工程计算中，当电源内阻抗不超过短路回路总阻抗的5%~10%时，可认为该电源是无限大功率电源。



无限大容量电力系统发生三相短路
a) 三相电路图 b) 等效单相电路

5、无限大容量电力系统三相短路

无限大容量系统发生三相短路时的电压、电流曲线如下图：



5、无限大容量电力系统三相短路

在高压电网发生三相短路时 $i_{sh} = 2.55I''$ $I_{sh} = 1.51I''$

在1000kVA及以下的电力变压器二次侧及低压电网发生三相短路时

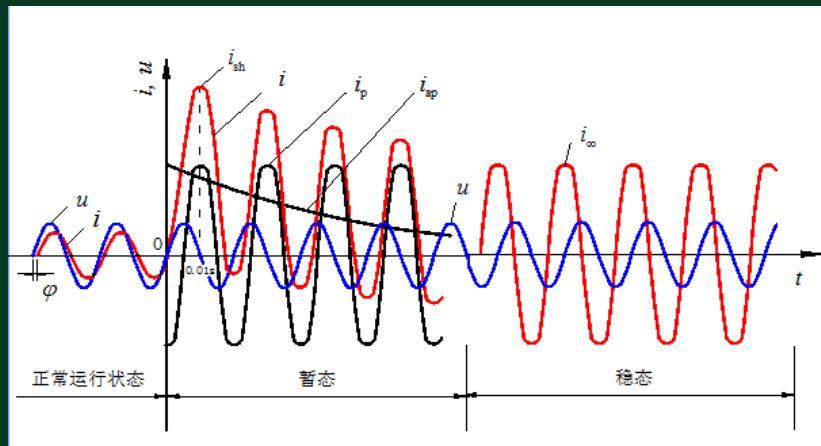
$$i_{sh} = 1.84I'' \quad I_{sh} = 1.09I''$$

短路稳态电流

$$I_{\infty} = I''$$



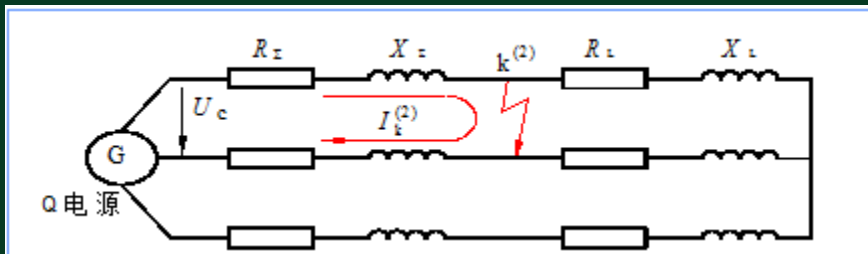
次暂态电流有效值



6、两相短路电流

在远离发电机的无限大容量系统中发生**两相短路**时，其两相短路电流为：

$$I_k^{(2)} = \frac{U_c}{2X_\Sigma}$$



而三相短路电流

$$I_k^{(3)} = \frac{U_c}{\sqrt{3}X_\Sigma}$$

$$I_k^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_k^{(3)} = 0.866 I_k^{(3)}$$

用于相间短路保护的灵敏度检验。

2、单相短路电流

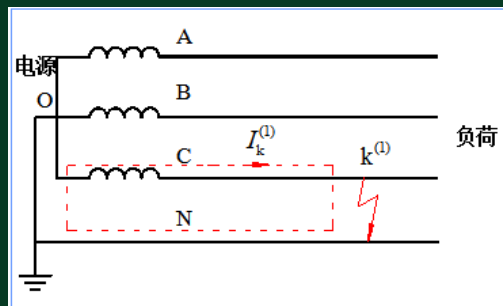
工程计算公式为

$$I_k^{(1)} = \frac{U_\varphi}{\sqrt{\underbrace{(R_{\varphi-0.S} + R_{\varphi-0.T} + R_{\varphi-0.W})^2}_{\text{高压系统、变压器、母线及电缆的相-零电阻}} + \underbrace{(X_{\varphi-0.S} + X_{\varphi-0.T} + X_{\varphi-0.W})^2}_{\text{高压系统、变压器、母线及电缆的相-零电抗}}}$$

高压系统、变压器、母线及
电缆的相-零电阻

高压系统、变压器、母线及电缆
的相-零电抗

用于单相短路保护的
整定及单相短路保护
的灵敏度检验。



7、单相短路电流

⑩单相短路电流与三相短路电流的关系

在远离发电机的用户低压侧发生单相短路时, $Z_{1\Sigma} \approx Z_{2\Sigma}$, 因此有:

$$I_k^{(1)} = \frac{3\dot{U}_\varphi}{Z_{1\Sigma} + Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}} = \frac{3\dot{U}_\varphi}{2Z_{1\Sigma} + Z_{0\Sigma}} \quad I_k^{(3)} = \frac{\dot{U}_\varphi}{Z_{1\Sigma}}$$

$$\frac{I_k^{(1)}}{I_k^{(3)}} = \frac{3}{2 + \frac{Z_{0\Sigma}}{Z_{1\Sigma}}}$$

由于远离发电机发生短路时 $Z_{0\Sigma} > Z_{1\Sigma}$

因此 $I_k^{(1)} < I_k^{(3)}$

小结



在线开放课程

1. 短路的主要原因、影响
2. 无限大容量电力系统短路过程
3. 短路周期电流与冲击电流的关系
4. 两相短路、单相短路与三相短路关系