



关于短路电流计算及电气设备 的选择校验

第一节 概述

一、短路及其原因、后果

短路是指供电系统中不同电位的导电部分（各相导体、地线等）之间发生的低阻性短接。

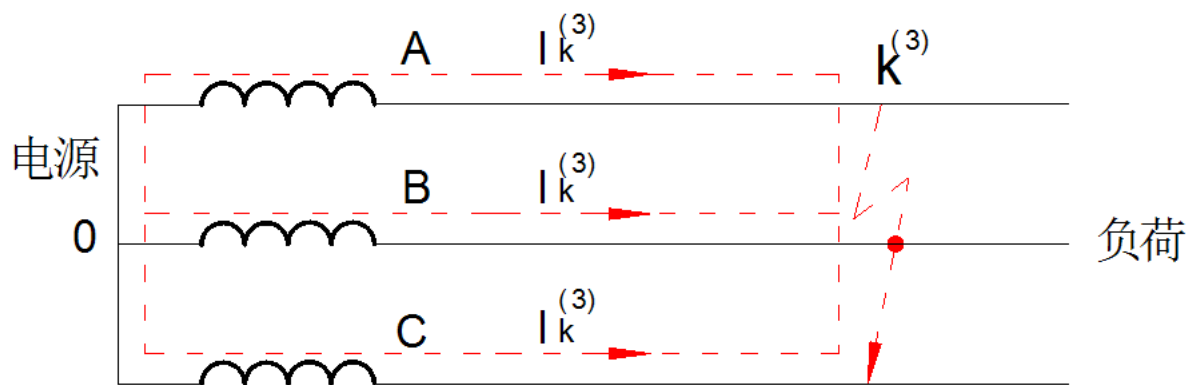
造成短路的主要原因是电气设备载流部分的绝缘损坏，其次是人员误操作、鸟兽危害等。

在供电系统中发生短路故障后，短路电流往往要比正常负荷电流大许多倍，有时高达几十万安培。

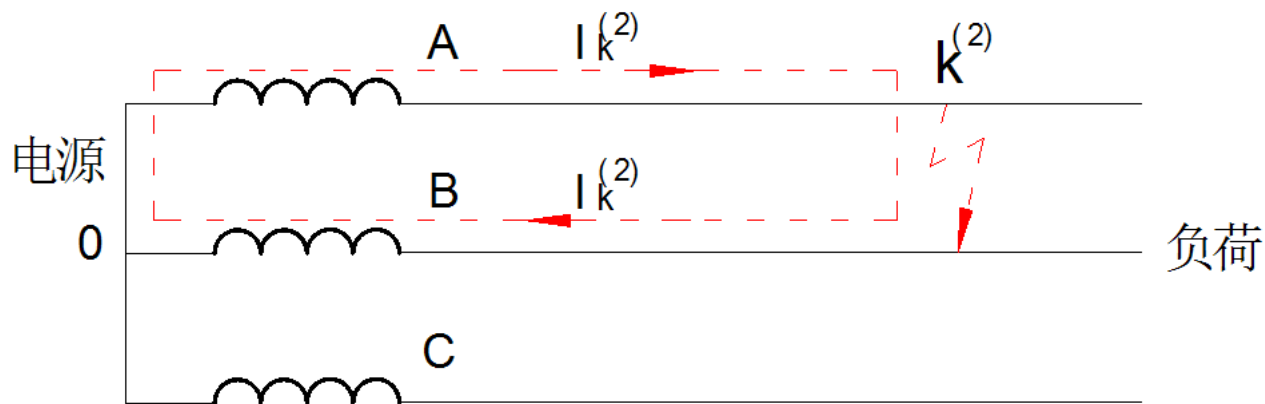
当它通过电气设备时，温度急剧上升，会使绝缘老化或损坏；同时产生的电动力，会使设备载流部分变形或损坏；短路会使系统电压骤降，影响系统其他设备的正常运行；严重的短路会影响系统的稳定性；短路还会造成停电；不对称短路的短路电流会产生较强的不平衡交变磁场，对通信和电子设备等产生电磁干扰等。

二、短路的类型

在供电系统中，短路的基本类型有三相短路(a)、两相短路(b)、单相短路(c, d)和两相接地短路(e, f)。

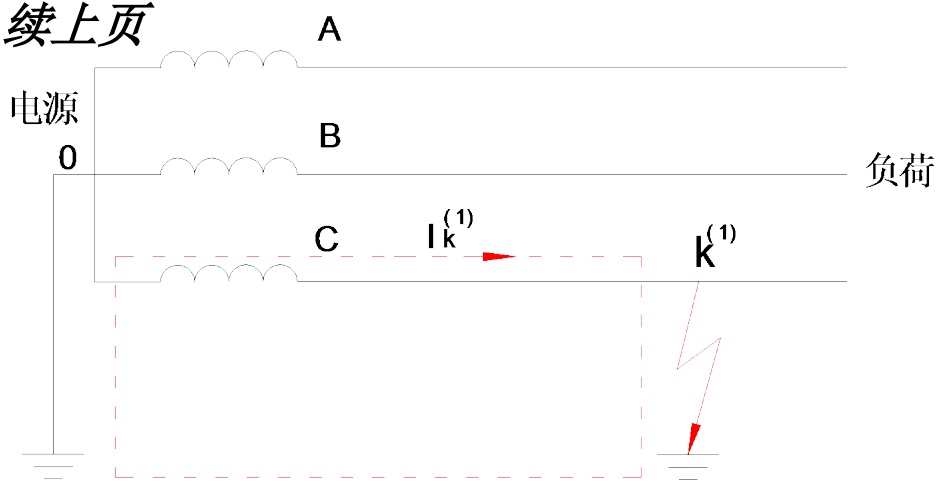


a)

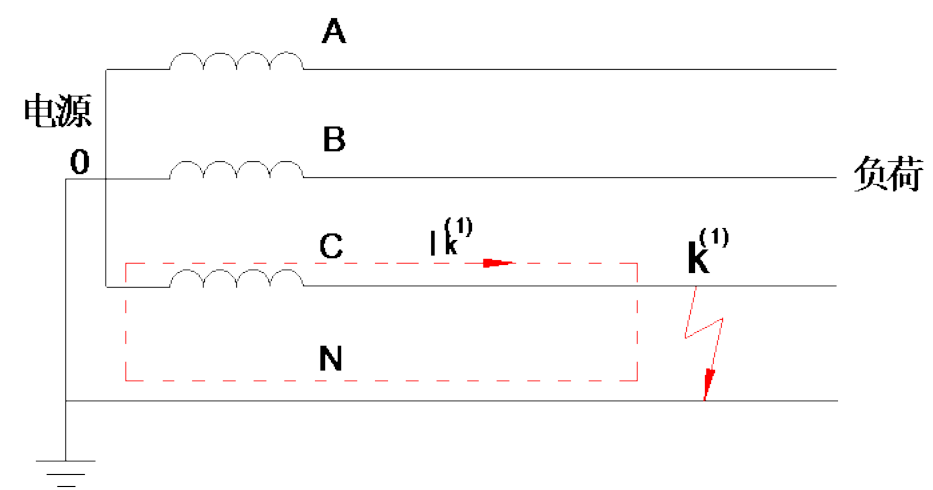


b)

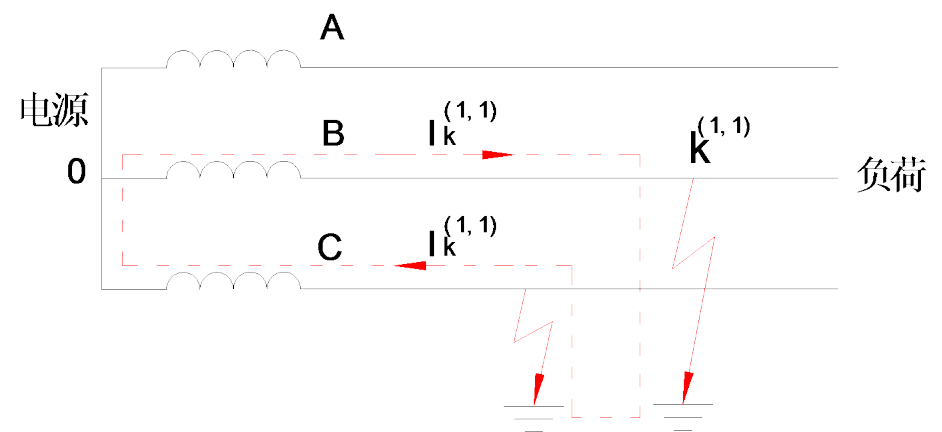
续上页



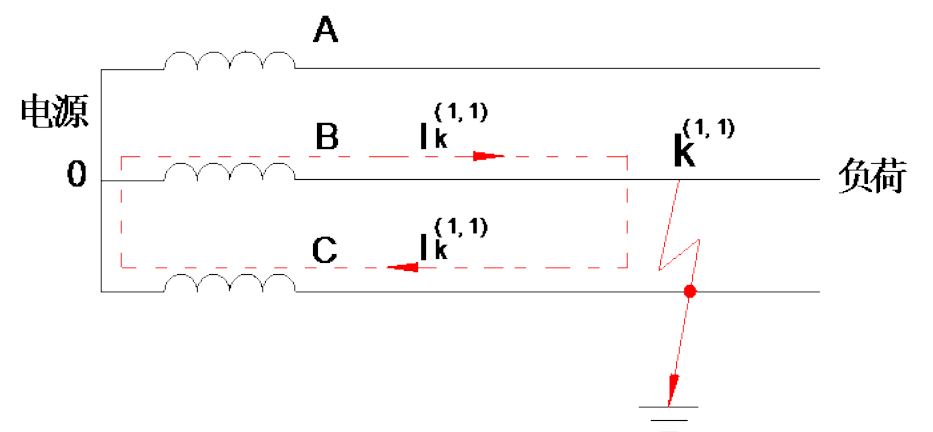
c)



d)



e)



f)

三、计算短路电流的目的

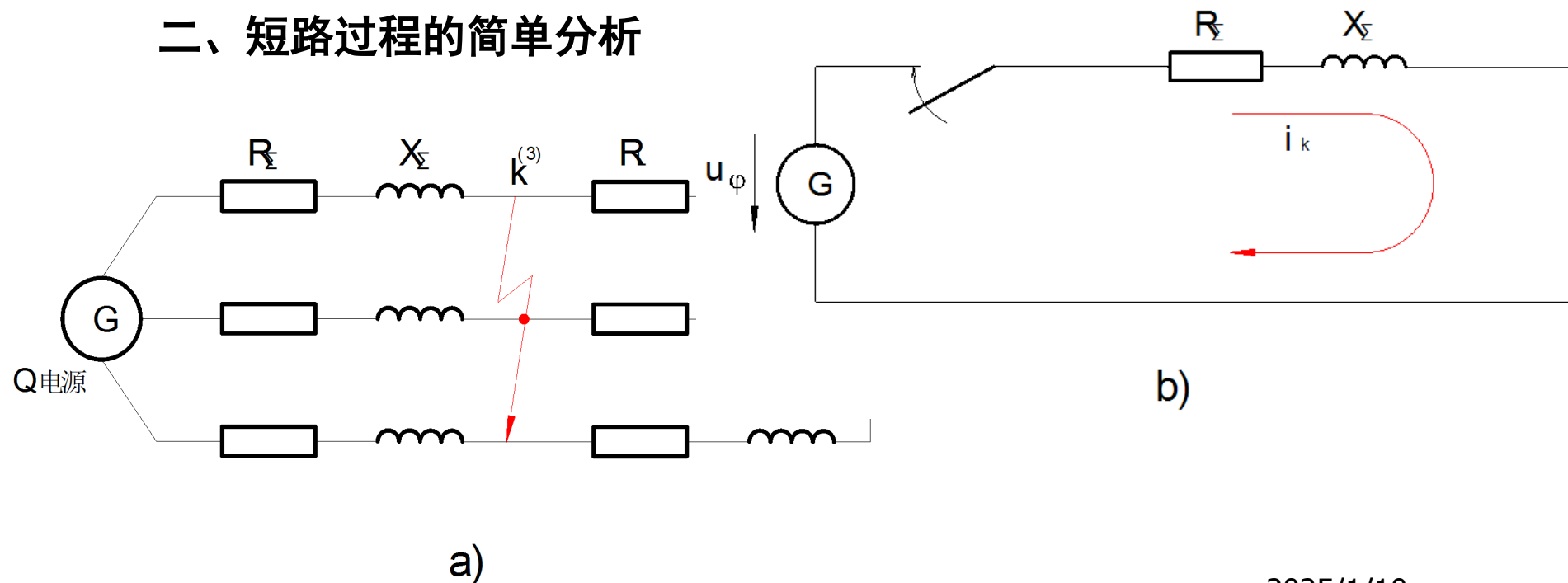
进行短路计算的目的是正确选择和检验电气设备及其保护装置。三相短路电流是选择和检验电气设备的基本依据。另外还要用到不对称短路的短路电流、短路冲击电流、稳态短路电流等。

第二节 无限大容量电源供电系统的短路过程分析

一、无限大容量电源供电系统的概念

无限大容量电源，就是指电源内阻抗为零，供电容量相对于用户负荷容量大得多的电力系统，不管用户的负荷如何变动甚致发生短路时，电源内部均不产生压降，电源母线上的输出电压均维持不变。

二、短路过程的简单分析



续上页

等效电路的电压方程为
$$R_{\Sigma} i_k + L_{\Sigma} \frac{di_k}{dt} = U_{\varphi m} \sin \omega t$$

解之得, 短路电流为

$$i_k = I_{zm} \sin(\omega t - \varphi_k) + C e^{-\frac{t}{T_{fi}}}$$

短路前负荷电流为

$$i = I_m \sin(\omega t - \varphi)$$

当 $t=0$ 时, 由于短路电路存在着电感, 因此电流不会突变, 即 $i_{k0}=i_0=I_m \sin \varphi$, 可求得积分常数, 即

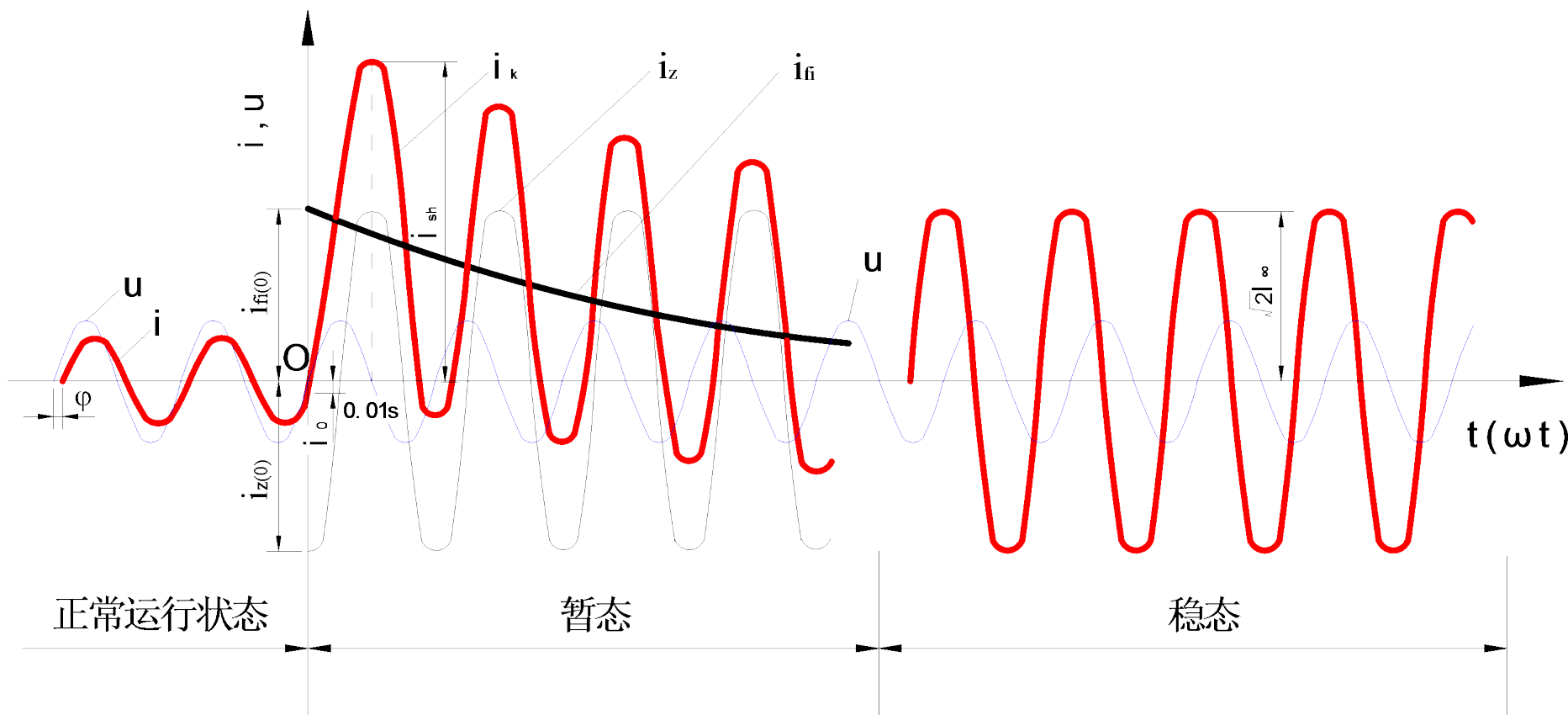
$$C = I_{zm} \sin \varphi_k - I_m \sin \varphi$$

则得短路电流

$$\begin{aligned} i_k &= I_{zm} \sin(\omega t - \varphi_k) + (I_{zm} \sin \varphi_k - I_m \sin \varphi) e^{-\frac{t}{T_{fi}}} \\ &= i_z + i_{fi} \end{aligned}$$

式中, i_z 为短路电流周期分量; i_{fi} 为短路电流非周期分量。

无限大容量系统发生三相短路时的电压、电流曲线如下图：



三、有关短路的物理量

短路电流周期分量 i_z $i_z = I_{zm} \sin(\omega t - \varphi_k)$

短路电流非周期分量 i_{fi} $i_{fi} \approx I_{zm} e^{-\frac{t}{T_{fi}}} = \sqrt{2} I_z e^{-\frac{t}{T_{fi}}} \quad i_{fi.0} \approx I_{zm}$

短路全电流 $i_{k.t}$ $i_k = i_z + i_{fi} \quad I_{k.t} = \sqrt{I_z^2 + i_{fi.t}^2}$

短路冲击电流 i_{sh} $i_{sh} = i_{z(0.01)} + i_{fi(0.01)} \approx \sqrt{2} I_z (1 + e^{-\frac{0.01}{T_{fi}}})$

$$i_{sh} \approx k_{sh} \sqrt{2} I_z$$

短路冲击电流有效值 I_{sh} $I_{sh} = \sqrt{I_{z(0.01)}^2 + I_{fi(0.01)}^2} \approx \sqrt{I_z^2 + (\sqrt{2} I_z e^{-\frac{0.01}{T_{fi}}})^2}$

$$I_{sh} \approx \sqrt{1 + 2(k_{sh} - 1)^2} I_z$$

短路稳态电流 I_∞ $I_\infty = I_{z.t} = I_z$

第三节 无限大容量电源条件下 短路电流的计算方法

在无限大容量电源供电系统中发生三相短路时，短路电流的周期分量的幅值和有效值是不变的。

$$I_z^{(3)} = \frac{U_{av}}{\sqrt{3} |Z_\Sigma|} = \frac{U_{av}}{\sqrt{3} \sqrt{R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2}} \quad U_{av} = 1.05U_N$$

在高压电路的短路计算中，通常只计电抗，不计电阻。故

$$I_z^{(3)} = \frac{U_{av}}{\sqrt{3} X_\Sigma}$$

一、标么值法

标么值 $A^* = \frac{A}{A_j}$

按标么值法进行短路计算时，一般是先选定基准容量 S_j 和基准电压 U_j 。

基准容量，工程设计中通常取 $S_j = 100MVA$

基准电压，通常取元件所在处的短路计算电压为基准电压，即取

$$U_j = U_{av} = 1.05U_N$$

基准电流

$$I_j = \frac{S_j}{\sqrt{3}U_j} = \frac{S_j}{\sqrt{3}U_{av}}$$

基准电抗

$$X_j = \frac{U_j}{\sqrt{3}I_j} = \frac{U_{av}^2}{S_j}$$

二、供电系统各元件电抗标么值

1) 电力系统的电抗标么值

$$X_S^* = \frac{X_S}{X_j} = \frac{U_{av}^2}{S_k} \bigg/ \frac{U_{av}^2}{S_j} = \frac{S_j}{S_k}$$

S_k 为电力系统变电所高压馈电线出口处的短路容量。

$$2) \text{ 电力线路的电抗标么值} \quad X_{WL}^* = \frac{X_{WL}}{X_j} = \frac{x_0 L}{\frac{U_{av}^2}{S_j}} = x_0 L \frac{S_j}{U_{av}^2}$$

式中， L 为线路长度， x_0 为线路单位长度的电抗，可查手册。

3) 电力变压器的电抗标么值

$$\text{因为} \quad \Delta u_k \% = \left(\frac{\sqrt{3} I_N X_T}{U_{N.T}} \right) \times 100 \approx \left(\frac{S_{N.T} X_T}{U_{N.T}^2} \right) \times 100$$

$$\text{所以} \quad X_T = \frac{\Delta u_k \%}{100} \frac{U_{N.T}^2}{S_{N.T}}$$

$$\text{标么值} \quad X_T^* = \frac{X_T}{X_j} = \frac{\frac{\Delta u_k \%}{100} \frac{U_{N.T}^2}{S_{N.T}}}{\frac{U_{av}^2}{S_j}} = \frac{\Delta u_k \%}{100} \frac{S_j}{S_{N.T}}$$

短路电路中各主要元件的电抗标么值求出以后，即可利用其等效电路图进行电路化简求总电抗标么值。

三、三相短路电流的计算

无限大容量系统三相短路周期分量有效值的标么值按下式计算：

$$I_z^{(3)*} = \frac{I_z^{(3)}}{I_j} = \frac{U_{av}}{\sqrt{3}X_\Sigma} \bigg/ \frac{S_j}{\sqrt{3}U_j} = \frac{U_{av}^2}{S_j X_\Sigma} = \frac{1}{X_\Sigma^*}$$

由此可得三相短路电流周期分量有效值：

$$I_z^{(3)} = I_z^{(3)*} I_j = \frac{I_j}{X_\Sigma^*}$$

其他短路电流：

$$I_\infty^{(3)} = I_z^{(3)}$$

$$i_{sh} \approx 2.55 I_z \quad I_{sh} \approx 1.51 I_z \quad (\text{对高压系统})$$

$$i_{sh} \approx 1.84 I_z \quad I_{sh} \approx 1.09 I_z \quad (\text{对低压系统})$$

三相短路容量：

$$S_k^{(3)} = \sqrt{3} U_{av} I_z^{(3)} = \frac{\sqrt{3} U_{av} I_j}{X_\Sigma^*} = \frac{S_j}{X_\Sigma^*}$$

例题1 某厂一10/0.4kV车间变电所装有一台S9—800型变压器（ $\Delta u_k\% = 5$ ），由厂10kV高压配电所通过一条长0.5km的10kV电缆（ $x_0 = 0.08 \Omega / \text{km}$ ）供电。已知高压配电所10kV母线k-1点三相短路容量为52MVA，试计算该车间变电所380V母线k-2点发生三相短路时的短路电流。

解：1. 确定基准值

$$S_j = 100 \text{ MVA},$$

$$U_j = 0.4 \text{ kV}$$

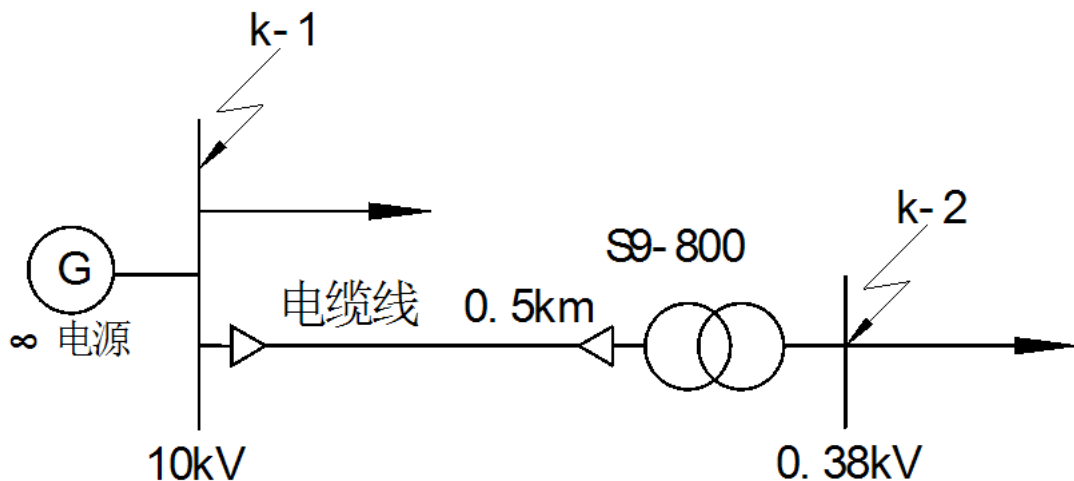
$$I_j = \frac{100 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 0.4 \text{ kV}}$$

$$= 144.34 \text{ kA}$$

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

$$X_1^* = \frac{S_j}{S_k} = \frac{100 \text{ MVA}}{52 \text{ MVA}} = 1.92$$



2) 电力线路的电抗标么值

$$X_2^* = x_0 L \frac{S_j}{U_{av1}^2} = 0.08(\Omega/km) \times 0.5km \times \frac{100MVA}{(10.5kV)^2} = 0.036$$

3) 电力变压器的电抗标么值

$$X_3^* = X_4^* = \frac{\Delta u_k \%}{100} \frac{S_j}{S_{N.T}} = \frac{5 \times 100 \times 10^3 kVA}{100 \times 800kVA} = 6.25$$

3. 求k-2点的短路电路总电抗标么值三相短路电流的短路容量

1) 总电抗标么值

$$X_{\Sigma(k-2)}^* = X_1^* + X_2^* + X_3^* = 1.92 + 0.036 + 6.25 = 8.206$$

2) 三相短路电流周期分量有效值

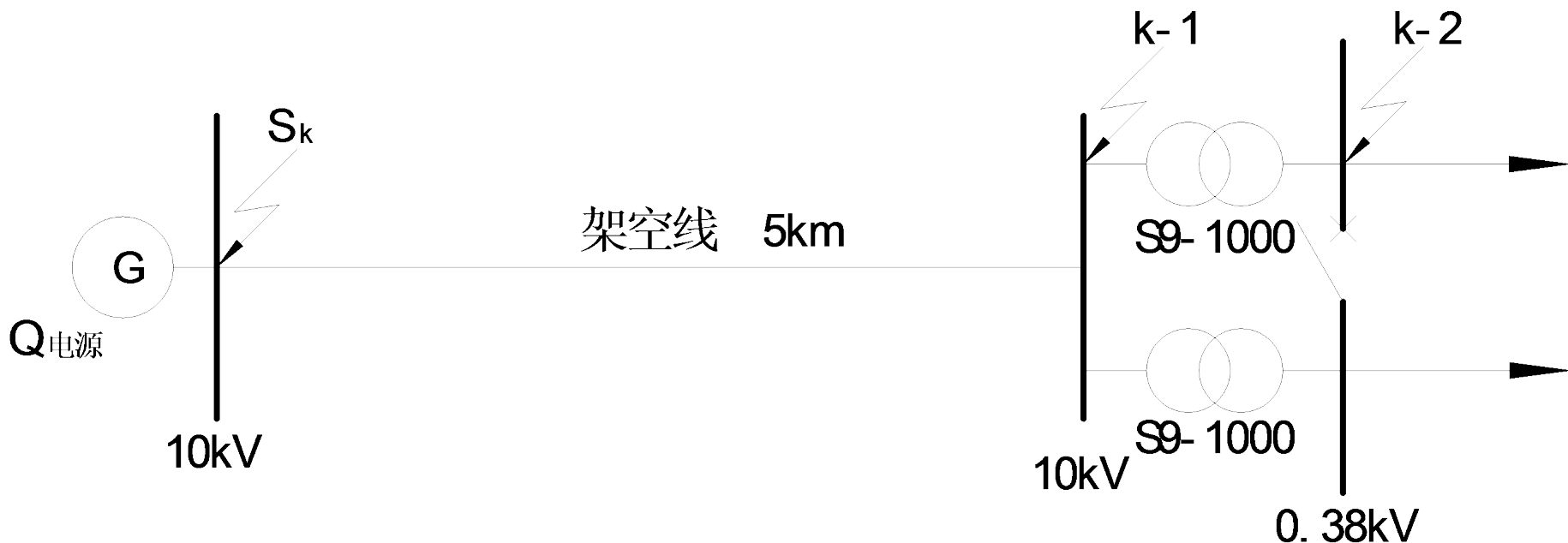
$$I_{k-2}^{(3)} = \frac{I_{j2}}{X_{\Sigma(k-2)}^*} = 144.34kA / 8.206 = 17.58kA$$

3) 其他三相短路电流

$$i_{sh}^{(3)} = 1.84 \times 17.58kA = 32.35kA \quad I_{sh}^{(3)} = 1.09 \times 17.58kA = 19.16kA$$

$$I_{\infty k-2}^{(3)} = I_{k-2}^{(3)} = 17.58kA$$

例题2 某供电系统如图所示。已知电力系统出口处的短路容量为 $S_k=250\text{MVA}$ ，试求工厂变电所10kV母线上k-1点短路和两台变压器并联运行、分列运行两种情况下低压380V母线上k-2点短路的三相短路电流和短路容量。



解：1. 确定基准值

$$S_j = 100\text{MVA}, \quad U_{j1} = 10.5\text{kV}, \quad U_{j2} = 0.4\text{kV}$$

$$I_{j1} = \frac{S_j}{\sqrt{3}U_{j1}} = \frac{100\text{MVA}}{\sqrt{3} \times 10.5\text{kV}} = 5.50\text{kA}$$

$$I_{j2} = \frac{100\text{MVA}}{\sqrt{3} \times 0.4\text{kV}} = 144.34\text{kA}$$

2. 计算短路电路中各主要元件的电抗标么值

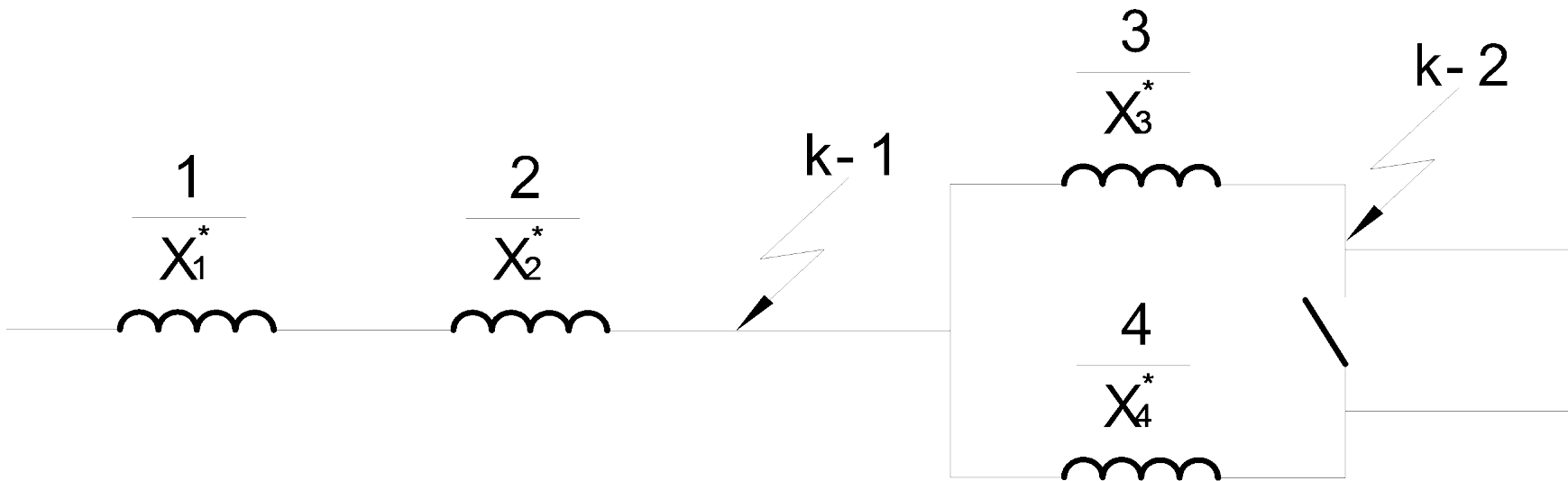
1) 电力系统的电抗标么值
$$X_1^* = \frac{S_j}{S_k} = \frac{100MVA}{250MVA} = 0.4$$

2) 电力线路的电抗标么值

$$X_2^* = x_0 L \frac{S_j}{U_{av1}^2} = 0.35(\Omega / km) \times 5km \times \frac{100MVA}{(10.5kV)^2} = 1.59$$

3) 电力变压器的电抗标么值

$$X_3^* = X_4^* = \frac{\Delta u_k \%}{100} \frac{S_j}{S_{N.T}} = \frac{5 \times 100 \times 10^3 kVA}{100 \times 1000 kVA} = 5$$



3. 求 $k-1$ 点的短路电路总阻抗标么值及三相短路电流和短路容量

1) 总电抗标么值

$$X_{\Sigma(k-1)}^* = X_1^* + X_2^* = 0.4 + 1.59 = 1.99$$

2) 三相短路电流周期分量有效值

$$I_{k-1}^{(3)} = I_{j1} / X_{\Sigma(k-1)}^* = 5.50kA / 1.99 = 2.76kA$$

3) 其他三相短路电流

$$i_{sh}^{(3)} = 2.55 \times 2.76kA = 7.04kA$$

$$I_{sh}^{(3)} = 1.51 \times 2.76kA = 4.17kA$$

$$I_{\infty k-1}^{(3)} = I_{k-1}^{(3)} = 2.76kA$$

4) 三相短路容量

$$S_{k-1}^{(3)} = S_j / X_{\Sigma(k-1)}^* = 100MVA / 1.99 = 50.3MVA$$

4. 求k-2点的短路电路总电抗标么值三相短路电流的短路容量

两台变压器并联运行情况下：

1) 总电抗标么值

$$X_{\Sigma(k-2)}^* = X_1^* + X_2^* + X_3^* // X_4^* = 0.4 + 1.59 + \frac{5}{2} = 4.49$$

2) 三相短路电流周期分量有效值

$$I_{k-2}^{(3)} = \frac{I_{j2}}{X_{\Sigma(k-2)}^*} = 144.34kA / 4.49 = 32.14kA$$

3) 其他三相短路电流

$$i_{sh}^{(3)} = 1.84 \times 32.14kA = 59.14kA$$

$$I_{sh}^{(3)} = 1.09 \times 32.14kA = 35.03kA$$

$$I_{\infty k-2}^{(3)} = I_{k-2}^{(3)} = 32.14kA$$

4) 三相短路容量

$$S_{k-2}^{(3)} = S_j / X_{\Sigma(k-2)}^* = 100MVA / 4.49 = 22.27MVA$$

两台变压器分列运行情况下：

1) 总电抗标么值

$$X_{\Sigma(k-2)}^* = X_1^* + X_2^* + X_3^* = 0.4 + 1.59 + 5 = 6.99$$

2) 三相短路电流周期分量有效值

$$I_{k-2}^{(3)} = \frac{I_{j2}}{X_{\Sigma(k-2)}^*} = 144.34kA / 6.99 = 20.65kA$$

3) 其他三相短路电流

$$i_{sh}^{(3)} = 1.84 \times 20.65kA = 38.00kA$$

$$I_{sh}^{(3)} = 1.09 \times 20.65kA = 22.51kA$$

$$I_{\infty k-2}^{(3)} = I_{k-2}^{(3)} = 20.65kA$$

4) 三相短路容量

$$S_{k-2}^{(3)} = S_j / X_{\Sigma(k-2)}^* = 100MVA / 6.99 = 14.31MVA$$

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/305210011103012003>