

高低压系统电气短路计算案例

电气计算的高低压系统短路计算较为复杂但具有重要意义,最大短路电流值可以作为校验电气设备的动稳定、热稳定及分断能力、整定继保装置的依据;最小短路电流值可以作为选择继电保护装置的灵敏系数和校验电动机的启动依据。通常高压系统短路电流计算采用标么值法,低压系统短路计算采用有名值法。在金属性电气短路中一般三相短路电流最大。民用建筑中高压电源通常来自地区电力网,负荷容量远小于供电电源容量,可以把系统看作无限大容量电源供电系统考虑,低压短路计算可以看作变压器高压侧电压保持不变。

下面通过一个简单例子说明高压及低压短路电流计算方法,加深理解电气短路计算过程。

【示例】

[例2-1] 某供电系统如图2-1所示。已知电力系统电源的短路容量为500 MVA,架空线路长度为5km,忽略其电阻,其单位电抗值为 $x_0 = 0.35\Omega/\text{km}$,变压器额定容量为800kVA, $u_{kr}\% = 4.5$, $\Delta P_k = 7.5\text{kW}$, 低压线路长度为40m, 其单位电阻值为 $r_0 = 0.240\text{m}\Omega/\text{m}$, 单位电抗值为 $x_0 = 0.076\text{m}\Omega/\text{m}$ 。试求变电所10kV母线上k-1点短路和低压380V线路上k-2点短路的三相短路电流和短路容量。

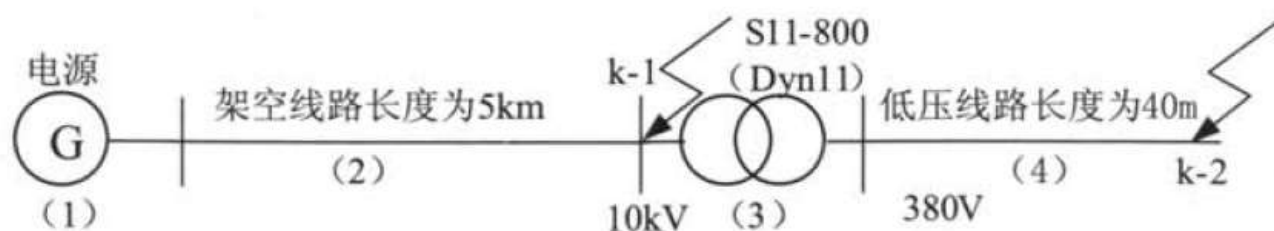


图2-1 供电系统示意图

计算过程:

1. 求k-1点的三相短路电流和短路容量 ($U_{n1} = 10\text{kV}$)

- (1) 确定基准值。取基准容量: $S_d = 100\text{MVA}$, 基准电压: $U_d = 1.05U_{n1} = 10.5\text{kV}$ 。
(2) 计算短路电路中各元件的电抗和总电抗。

① 电力系统的电抗:

$$X_1^* = \frac{S_d}{S_{k-1(3)}} = \frac{100}{500} = 0.2$$

② 架空线路的电抗: $x_0 = 0.35\Omega/\text{km}$, 因此:

$$X_2^* = x_0 l \frac{S_d}{U_d^2} = 0.35 \times 5 \times \frac{100}{10.5^2} = 1.587$$

③ 绘k-1点短路的等效电路 (如图2-2) 所示, 图上标出各元件的序号 (分子) 和电抗标么值 (分母), 然后计算电路的总电抗。

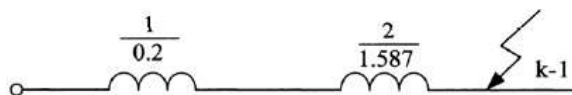


图2-2 k-1点短路时的电抗示意图

$$X_\Sigma^* = X_1^* + X_2^* = 0.2 + 1.587 = 1.787$$

(3) 计算三相短路电流和短路容量

① 三相对称短路电流初始值:

$$I_{k-1(3)}'' = I_d / X_\Sigma^* = \frac{S_d}{\sqrt{3}U_d} \cdot \frac{1}{X_\Sigma^*} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 10.5} \times \frac{1}{1.787} = 3.08\text{kA}$$

② 三相稳态短路电流:

$$I_{k-1(3)} = I_{k-1(3)}'' = 3.08\text{kA}$$

③ 三相短路电流峰值及全电流最大有效值:

$$i_{p3} = 2.55 I_{k-1(3)}'' = 2.55 \times 3.08 = 7.85\text{kA}$$

$$I_{p3} = 1.51 I_{k-1(3)}'' = 1.51 \times 3.08 = 4.65\text{kA}$$

④ 三相短路容量:

$$S_{k-1(3)}'' = \sqrt{3}U_d I_{k-1(3)}'' = \sqrt{3} \times 10.5 \times 3.08 = 56.01\text{MVA}$$

2. 求k-2点的短路电流和短路容量 ($U_{n2} = 380\text{V}$)

(1) 计算短路电路中各元件的阻抗和总阻抗。

① 高压侧系统的阻抗:

$$Z_s = \frac{(cU_n)^2}{S_{k-1(3)}} \times 10^{-3} = \frac{(1.05 \times 380)^2}{56.01} \times 10^{-3} = 2.84\text{m}\Omega$$

故

$$X_1 = 0.995 Z_s = 0.995 \times 2.84 = 2.83\text{m}\Omega$$

$$R_1 = 0.1 X_1 = 0.28\text{m}\Omega$$

② 电力变压器的阻抗:

$$R_2 = \frac{\Delta P_k (cU_n)^2}{S_{rt}^2} = \frac{7.5 \times (1.05 \times 380)^2}{800^2} = 1.87\text{m}\Omega$$

$$X_2 = \frac{\mu_{kr} \% (cU_n)^2}{100 S_{rt}} = \frac{4.5}{100} \times \frac{(1.05 \times 380)^2}{800} = 8.96\text{m}\Omega$$

③ 低压线路的阻抗:

$$R_3 = r l = 0.240 \times 40 = 9.6\text{m}\Omega$$

$$X_3 = x l = 0.076 \times 40 = 3.04\text{m}\Omega$$

④ 绘k-2点短路的等效电路 (如图2-3所示), 图上标出各元件的序号 (分子) 和阻抗值 (分母), 然后计算电路的总阻抗。

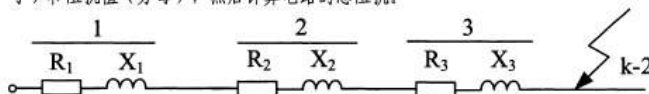


图2.3 k-2点短路时的电抗示意图

$$R_\Sigma = R_1 + R_2 + R_3 = 0.28 + 1.87 + 9.6 = 11.75\text{m}\Omega$$

$$X_\Sigma = X_1 + X_2 + X_3 = 2.83 + 8.96 + 3.04 = 14.83\text{m}\Omega$$

高低压系统短路电流计算

图集号

12SDX101-2

$$Z_\Sigma = \sqrt{R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2} = \sqrt{11.75^2 + 14.83^2} = 18.92\text{m}\Omega$$

(2) 计算三相短路电流和短路容量。

① 三相短路电流周期分量有效值:

$$I_{k-2(3)}'' = \frac{cU_{n2}}{\sqrt{3}Z_\Sigma} = \frac{1.05 \times 380}{\sqrt{3} \times 18.92} = 12.18\text{kA}$$

② 三相稳态短路电流值:

$$I_{k-2(3)} = I_{k-2(3)}'' = 12.18\text{kA}$$

③ 三相短路电流峰值及全电流最大有效值:

$$i_{p3} = 1.84 I_{k-2(3)}'' = 1.84 \times 12.18 = 22.41\text{kA}$$

$$I_{p3} = 1.09 I_{k-2(3)}'' = 1.09 \times 12.18 = 13.28\text{kA}$$

④ 三相短路容量:

$$S_{k3}'' = \sqrt{3}cU_{n2} I_{k-2(3)}'' \times 10^{-3} = \sqrt{3} \times 1.05 \times 380 \times 12.18 \times 10^{-3} = 8.42\text{MVA}$$

根据 GB50054-2011 规定：当短路保护电器为断路器时，被保护线路的末端短路电流不应少于断路器瞬时或短延时过电流脱扣器整定值的 1.3 倍。微型断路器瞬时脱扣整定值根据额定电流值分 BCD 三类开关，其中 B (3-5 倍)、C (5-10 倍)、D (10-14 倍)，开关脱扣具有反时效特性，当距离长，短路电流小的情况下选择 B 开关比 D 形更快断开故障线路。

断路器的极限分断能力 I_{cu} 与短路计算电流有密切关系，其分断能力必须大于线路的预期短路电流。额定运行短路电流 I_{cs} 小于 I_{cu} 。 I_{cs} 通常为 I_{cu} 的 25%，50%，75%，100%。

I_{cw} 为短时耐受电流，是断路器的电动稳定和热稳定的考核指标，当 I_n 不大于 2500A， $I_{cw}=12I_n$ (5KA)；当 I_n 大于 2500A， I_{cw} 可选 30KA，50KA，65KA。