无限大容量电源系统的对称短路计算

摘要

本文针对含无限大容量电源的典型变电系统，基于对称分量法和标幺法，系统推导了当10.5kV母线上发生三相短路时，短路点和各级线路上的短路电流、冲击电流及电流最大有效值的计算公式。通过等值网络图绘制、阻抗折算与短路分析，定量揭示了变压器和线路阻抗对短路电流的影响。研究结论对电力设备选择及系统继电保护定值具有指导意义。

关键词：无限大电源；三相短路；等值网络；冲击电流；有效值

一、引言

在强供电系统（无限大电源）中，三相短路电流常成为设备强度和保护定值的极限约束。准确计算短路电流，需先将网络等值化，再逐步推算各级元件电流。本文以给定变电站典型网络为例，详细演示完整计算步骤。

二、系统参数与等值网络

2.1 主要参数

电源：无限大容量（电压恒定，内阻为零，短路容量无穷大） 主变压器：20MVA，115/38.5kV，$U\_{k\%}=10.5\%$ 线路：长度10km，$x=0.42 Ω/km$ 配电变压器：$2×3.2 MVA$并联，35/10.5kV，$U\_{k\%}=7\%$ 短路点：10.5kV母线

2.2 等值网络图

![](对等值网络结构简图，节点依次为：无限大电源 → 主变（节点1→2）→ 线路（2→3）→ 配变（3→4）→ 短路点k）

各节点编号：

节点1：主变高压侧（115kV） 节点2：主变低压侧（38.5kV） 节点3：线路末端/配变高压侧（35kV） 节点4：配变低压侧/短路点（10.5kV）

三、标幺值计算与折算

3.1 选定基准值

选定基准容量 $S\_{base}=20 MVA$ 选定基准电压：10.5kV侧

3.2 各元件标幺阻抗

（1）主变（T1）

$$Z\_{T1,pu}=\frac{U\_{k\%}}{100}=\frac{10.5}{100}=0.105$$

以自身20MVA为基准，无需换算。

（2）线路

实际阻抗 $X\_{L}=0.42 Ω/km×10 km=4.2 Ω$ 基准阻抗（以10.5kV侧为基准）：

$$Z\_{base,10.5kV}=\frac{\left(10.5×10^{3}\right)^{2}}{20×10^{6}}=5.5125 Ω$$

标幺阻抗

$$X\_{L,pu}=\frac{4.2}{5.5125}≈0.762$$

（3）配电变压器（2台3.2MVA并联，总容量6.4MVA）

单台阻抗（以3.2MVA为基准）：

$$Z\_{T2,pu,3.2}=\frac{U\_{k\%}}{100}=\frac{7}{100}=0.07$$

折算到20MVA基准：

$$Z\_{T2,pu,20MVA}=Z\_{T2,pu,3.2}×\frac{S\_{base}}{S\_{T2}}=0.07×\frac{20}{6.4}≈0.219$$

四、等值阻抗合成

全部折算到10.5kV侧，短路点看到的等效阻抗为：

$$Z\_{eq,pu}=Z\_{T1,pu}+X\_{L,pu}+Z\_{T2,pu}=0.105+0.762+0.219=1.086$$

五、短路电流、冲击电流及最大有效值

5.1 短路起始电流（基准电流）

基准电流：

$$I\_{base}=\frac{S\_{base}}{\sqrt{3} U\_{base}}=\frac{20×10^{6}}{\sqrt{3}×10.5×10^{3}}≈1,099 A$$

标幺短路电流：

$$I\_{sc,pu}=\frac{1}{Z\_{eq,pu}}=\frac{1}{1.086}≈0.921$$

实际短路起始电流：

$$I\_{sc}=I\_{sc,pu}×I\_{base}≈0.921×1,099=1,013 A$$

5.2 各级元件短路电流

主变、线路、配变上短路电流均等于短路点起始电流（串联关系）。

5.3 冲击电流与最大有效值

冲击系数 $k\_{imp}$ 取1.8

$$I\_{imp}=k\_{imp}×I\_{sc}=1.8×1,013=1,823 A$$

最大有效值约为

$$I\_{max,rms}≈1.1×I\_{sc}=1,114 A$$

六、分析与结论

6.1 电流分析

由于电源为无限大容量，短路电流完全受阻抗链路限制。 主变、线路、配变阻抗之和直接决定了短路电流水平，且各级元件承受电流相同。 冲击电流和最大有效值均可直接乘以系数获得。

设备选型与继电保护应充分考虑最大短路电流，保证安全裕度。 各环节阻抗对短路水平的抑制作用明显，可通过提高阻抗、分段等方式降低短路容量。