

非全相故障计算

主变压器高压侧分相断路器的非全相合闸及跳闸, 线路单相重合闸过程中瞬时性单相故障时的一侧或两侧拒合等, 均属于非全相运行状态, 非全相运行保护应能及时反应这种故障。

发电机配置的非全相运行保护, 当其判别回路由位置继电器触点构成时, 应增设负序或零序电流判别元件。在对其负序或零序电流元件的整定值进行计算时, 可考虑主变压器高压侧一相断路器跳开及二相断路器跳开的情况。

M1 单相断线计算

图 M1 为系统简化接线图; 图 M2 为主变压器高压侧单相 (a 相) 断开时的等值电路图。

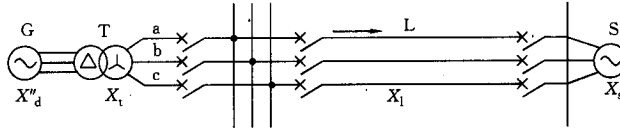
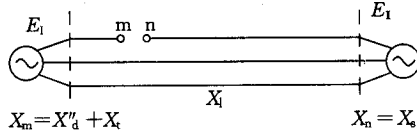


图 M1 系统简化接线图

图 M2 中 mn 处 A 相断开, 呈非全相运行状态, 此时, A 相电流为零, 在断开点 mn 间有电压 ΔU_A 。设断开前有负荷电流 I_L 。

应用重叠原理, 在图 M2 中 mn 之间附加一组纵向电压, 如图 M3 所示。在该电压作用下, 产生一组故障分量电流。



M2 主变压器高压侧单相断开时等值电路图

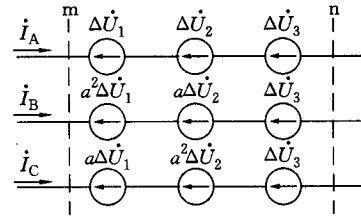


图 M3 故障分量电流图

根据断线处的边界条件, 可得各序电流及电压为

$$\dot{I}_A = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_0 = 0 \quad (M1)$$

$$\dot{I}_B = a^2 \dot{I}_1 + a \dot{I}_2 + \dot{I}_0 \quad (M2)$$

$$\dot{I}_C = a \dot{I}_1 + a^2 \dot{I}_2 + \dot{I}_0 \quad (M3)$$

$$\Delta \dot{U}_A = \Delta \dot{U}_1 + \Delta \dot{U}_2 + \Delta \dot{U}_0 \quad (M4)$$

$$\Delta \dot{U}_B = a^2 \Delta \dot{U}_1 + a \Delta \dot{U}_2 + \Delta \dot{U}_0 = 0 \quad (M5)$$

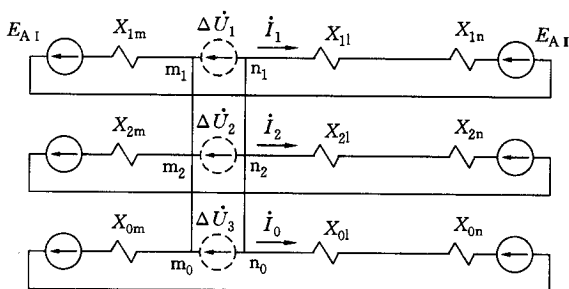
$$\Delta \dot{U}_C = a \Delta \dot{U}_1 + a^2 \Delta \dot{U}_2 + \Delta \dot{U}_0 = 0 \quad (M6)$$

$$\text{由式(M4) ~ (M6) 可得} \quad \Delta \dot{U}_1 = \Delta \dot{U}_2 = \Delta \dot{U}_0 = \frac{1}{3} \Delta \dot{U}_A \quad (M7)$$

A 相断线后的序网络图, 如图 M4 所示。

在图 M4 中, 令 $E_{A1} = E_{A1} = 0$, 在各序电压单独作用下产生的故障分量各序电流为

$$\dot{I}_1 = -\frac{\Delta U_1}{X_{1\Sigma}} \quad (M8)$$



X_{1m}, X_{2m}, X_{0m} — m 侧正、负、零序电抗；

X_{1n}, X_{2n}, X_{0n} — n 侧正、负、零序电抗；

X_{1l}, X_{2l}, X_{0l} —线路正、负、零序电抗

图 M4 A 相断线后的序网络图

$$\dot{I}_2 = -\frac{\Delta \dot{U}_2}{X_{2\Sigma}} \quad (M9)$$

$$\dot{I}_0 = -\frac{\Delta \dot{U}_{01}}{X_{0\Sigma}} \quad (M10)$$

式中： $X_{1\Sigma} = X_{1m} + X_{1l} + X_{1n}$

$X_{2\Sigma} = X_{2m} + X_{2l} + X_{2n}$

$X_{0\Sigma} = X_{0m} + X_{0l} + X_{0n}$

图 M4 中，短接附加电压，即令 $\Delta U_1 = \Delta U_2 = \Delta U_0 = 0$ ，在 $\dot{E}_{A1} - \dot{E}_{A1}$ 单独作用下产生断线前的负荷电流 \dot{I}_L 为

$$\dot{I}_L = \frac{\dot{E}_{A1} - \dot{E}_{A1}}{X_{1\Sigma}} \quad (M11)$$

断线后，A 相电流应为零，即

$$\dot{I}_A = \dot{I}_L + \dot{I}'_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_0 = 0 \quad (M12)$$

由式 (M8) ~ 式 (M10) 可得

$$\dot{I}_L = \Delta \dot{U}_1 \left(\frac{1}{X_{1\Sigma}} + \frac{1}{X_{2\Sigma}} + \frac{1}{X_{0\Sigma}} \right) \quad (M13)$$

由式 (M7) 得

$$\Delta \dot{U}_A = \frac{3\dot{I}_L}{\left(\frac{1}{X_{1\Sigma}} + \frac{1}{X_{2\Sigma}} + \frac{1}{X_{0\Sigma}} \right)} \quad (M14)$$

正序电流为负荷电流与故障分量正序电流叠加，即

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_L + \dot{I}'_1 \quad (M15)$$

当 $X_{1\Sigma} = X_{2\Sigma}$ 时，各序电流为

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_L \frac{1}{1 + \frac{X_{0\Sigma}}{X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma}}} \quad (M16)$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}'_L = -\dot{I}_L \frac{1}{2 + \frac{X_{1\Sigma}}{X_{0\Sigma}}} \quad (M17)$$

$$\dot{I}_0 = -\dot{I}_L \frac{1}{1 + \frac{2X_{0\Sigma}}{X_{1\Sigma}}} \quad (M18)$$

M2 两相断线计算

计算方法与单相断线计算相似。主变压器高压侧 B、C 相断开时的等值图如图 M5 所示。

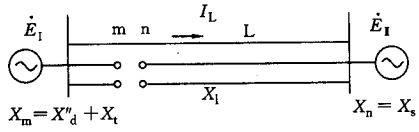


图 M5 主变压器高压侧 B、C 相断开时等值图

在 mn 间加一组附加电压，根据边界条件，可得参考相 (A 相) 的各序电流及电压关系为

$$\begin{aligned}\Delta\dot{U}_A &= \Delta\dot{U}_1 + \Delta\dot{U}_2 + \Delta\dot{U}_0 = 0 \\ \dot{I}_A &= \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_0 \\ \dot{I}_B &= 0 \\ \dot{I}_C &= 0\end{aligned}\tag{M19}$$

由上式得

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \dot{I}_0 = \frac{1}{3}\dot{I}_A\tag{M20}$$

根据 A 相各序附加电压之和为零，A 相各序电流相等的关系，可作出 B、C 相断路后的 A 相序网络图，如图 M6 所示。

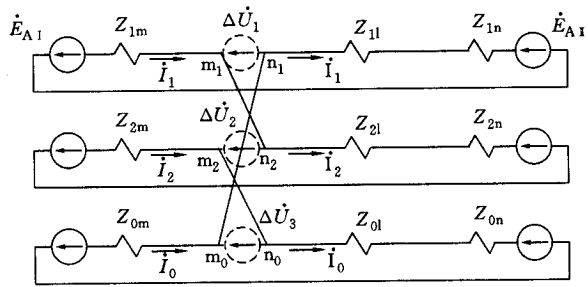


图 M6 B、C 相断开后的 A 相序网络图

令 $\Delta\dot{U}_1 = \Delta\dot{U}_2 = \Delta\dot{U}_0 = 0$ ，可得在正常运行情况下，在 $\dot{E}_{A1} - \dot{E}_{A1}$ 作用下产生的负荷电流为

$$\dot{I}_L = \frac{\dot{E}_{A1} - \dot{E}_{A1}}{X_{1\Sigma}}\tag{M21}$$

两相断线各序电流为

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \dot{I}_0 = \frac{\dot{E}_{A1} - \dot{E}_{A1}}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = \frac{I_L X_{1\Sigma}}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}}\tag{M22}$$

当 $X_{1\Sigma} = X_{2\Sigma}$ 时

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \dot{I}_0 = \frac{I_L}{2 + \frac{X_{0\Sigma}}{X_{1\Sigma}}}\tag{M23}$$

$X_{1\Sigma}$, $X_{2\Sigma}$, $X_{0\Sigma}$ 的计算同单相断线的计算。

式 (M23) 中， \dot{I}_1 为断线后的综合电流，它是负荷电流与故障电流正序分量 \dot{I}'_1 的叠加，所以：故障电流正序分量为

$$\dot{I}'_1 = \dot{I}_1 - \dot{I}_L = \frac{\dot{I}_L (X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma})}{2X_{1\Sigma} + X_{0\Sigma}}\tag{M24}$$