

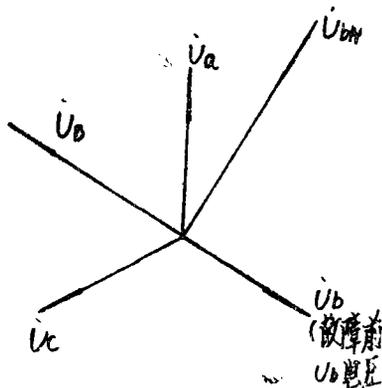
由电压互感器接线问题 引起综合重合闸选相元件拒动的分析

河南电力工业局调度所 吴沧中

某厂220K V线路出口先后发生C相和B相单相接地故障。从事故录波图中发现故障时220K V母线B相电压异常升高。经对录波图分析认为B相电压异常是和该厂电压回路采用B相接地的方式有关。该厂电压互感器二次B相在户外端子箱直接接地；而接于保护的B相电压取自主盘接地点至N端子之间的电压。主盘上接地点与户外电压互感器端子箱的B相接地点之间又无联系电缆。当故障电流通过接地网时，一次故障电流在两个接地点之间产生电位差；这个由一次电流引起的电压降与B相电压向量叠加，造成B相二次电压相位和幅值发生变化。所以当B相接地故障时，由于B相电压相位，幅值均发生变化，导致线路B相选相元件拒动造成后备三相跳闸。其相互关系分析如下：

1. 故障时的向量关系

从事故时的电压录波图看出，当发生B相接地时B相二次电压向量约超前正常时B相电压90°。这90°的向量关系是怎样产生的呢？这两次故障的故障点均在该厂220K V线路出口刀闸处，即相当于出口故障，由于电源侧为发电机—变压器，所以一次侧故障电流实际上是纯感性，即一次故障电流落后电压90°。但据了解该厂电压互感器的一、二次极性关系为反极性联结。这样一次电压向量与二次电压向量相差180°。而电压互感器户外端子箱接地点与主盘接地点之间的接地网可看作为纯电阻。即通过接地网的电流与电压降为同相位。这样由于一次故障电流流经接地网的电压降构成B相接地时的B相二次电压。通入两接地点之间的一次短路电流落后于一次电压90°，而超前故障前B相二次电压90°。这就是为什么故障时B相二次电压超前90°的原因所在。其向量关系如图一所示。



图一、B相接地时的电压向量图

这样一次电压向量与二次电压向量相差180°。而电压互感器户外端子箱接地点与主盘接地点之间的接地网可看作为纯电阻。即通过接地网的电流与电压降为同相位。这样由于一次故障电流流经接地网的电压降构成B相接地时的B相二次电压。通入两接地点之间的一次短路电流落后于一次电压90°，而超前故障前B相二次电压90°。这就是为什么故障时B相二次电压超前90°的原因所在。其向量关系如图一所示。

$$\dot{U}_{bN} = \dot{i}_{KB} \cdot R = 80 \text{ 伏 (录波图实测值)}$$

(继电器端子实际电压)

\dot{U}_B 为B相一次电压向量

\dot{U}_a, \dot{U}_b 为 AB 二次电压

\dot{U}_{bN} 为互感器 N 点和主盘接地点之间的电压。

$\dot{U}_b = 0$, 出口 B 相接地。

图二示出在同一点发生 C 相故障时的电压向量图。由于两次故障点位置一样而仅相别不一样故可认为故障电流在数值上是一样的。经向量关系分析以及故障时录波器所测 B 相电压异常升高的数值基本一致。

2. B 相接地故障时选相元件拒动原因

该线路先发生 C 相接地故障，C 相选相元件和保护切除 C 相，重合闸动作重合成功。接着发生 B 相接地故障，由于 B 相选相元件拒动，零序保护动作后切除三相（该线路稳定要求不能进行三相重合闸）。其选相元件为方向阻抗整定 65 欧。K = 0.75，最大灵敏角 $\varphi = 74^\circ$ ，其动作特性如图三所示；由于 B 相接地故障时继电器端子反映的 B 相电压为超前正常电压 90° 的电压。而接入继电器的电压与电流之间的角度约为 180° ，因而使继电器处于不动作区而拒动。按照在阻抗平面上的园方程。

$$Z_{DZ} = Z_{ZD} \cos(\varphi_{LM} - \varphi_{DL})$$

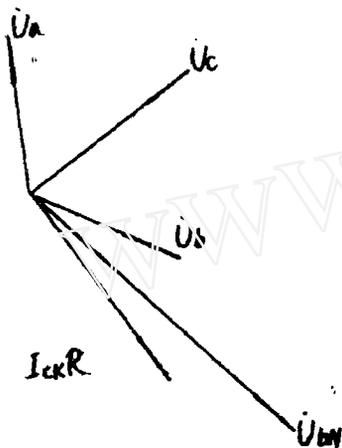
式中 Z_{DZ} 表示继电器的动作阻抗。

Z_{ZD} 继电器的整定阻抗。

φ_{LM} 继电器的最大灵敏角，

φ_{DL} 短路阻抗角，

按系统和继电器的整定值， $\varphi_{LM} = 74^\circ$ ，而



$I_{ck}R$: C 相一次接地电流通
过接地网电阻 R 产生的电压
降

\dot{U}_c : C 相一次电压

\dot{U}_a, \dot{U}_b : A、B 相二次电压

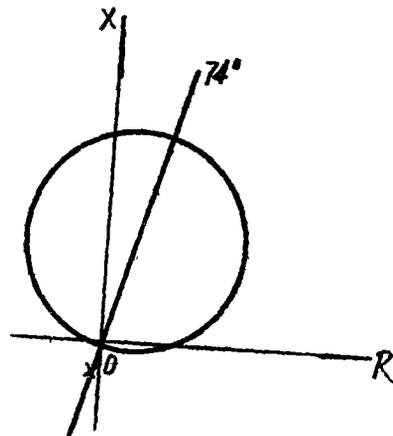
$\dot{U}_{bN} = 135$ 伏（录波图实测值）

图二 C 相接地故障时的电压向量图

引到继电器端子的短路阻抗角则为 $\varphi_{DL} = 180^\circ$

$$\begin{aligned} \text{故有 } Z_{DZ} &= Z_{ZD} \cos(74^\circ - 180^\circ) \\ &= Z_{ZD} \cos(-106^\circ) \\ &= -Z_{ZD} \cos 74^\circ \end{aligned}$$

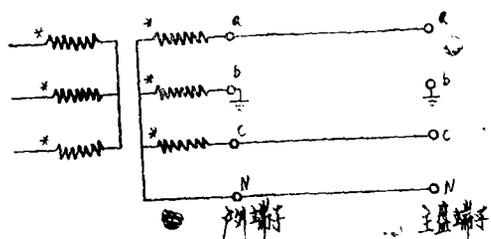
阻抗为负值，继电器不会动作。



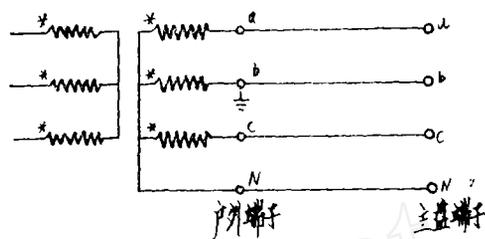
图三 选相元件阻抗特性

3. 电压互感器二次实际接线及改进措施

实际接线如图四所示，B相分别在户外端子箱和保护盘上接地。

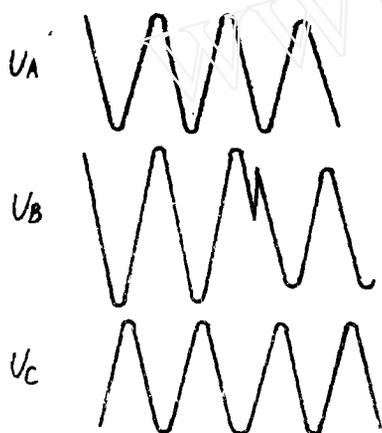


图四 220千伏电压互感器极性及实际接线



图五 改进后的电压互感器二次接线

改进后的接线如图五所示，在户外端子箱和配电盘之间增加一条B相电缆联电线联线，而仅设一个接地点。



B相接地时的电压录波图 故障切除后的电压录波图

图六 B相接地时220千伏电压录波图

B相接地故障时220千伏电压录波（放大）图如图六所示。从图中可以看出，B相接地时B相二次电压反而升高为80伏，其相位约超前故障后B相正常电压 90° 。当C相接地故障时，从录波图测得B相电压升高至135伏。这主要是由于互感器B相两个接地点引起的B相电压异常升高。