

# 论 直 流 一 点 接 地

北京供电局 马 忠

发电厂、变电所二次回路中的直流系统，随着电力系统的不断发展，不但容量逐渐增大，而且对继电保护以及其他各种自动装置的动作速度也不断的提出新的要求。近几年来，构成这些装置的元器件也出现了不同程度的变化，为此对于直流系统一点接地而引起的过渡过程，应当给以应有的重视。在这里，笔者根据七八年以来经多次试验及对运行设备的事故分析，就一点接地造成的影响，提供给制造厂、设计单位以及运行工作的同志们，为共同提高电力系统安全水平，提出以下意见仅供参考，不足之处请指正。

## 一、问题的提出

78年7月31日通州变电所2216\*开关断路，由于综合重合闸（R）端的压板接地，造成保护误动跳闸见（图一）。

等值电路图见（图二）。

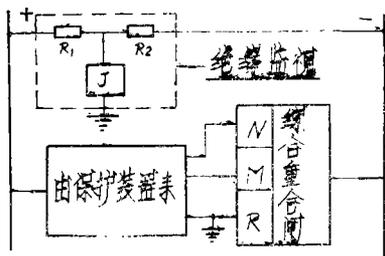


图 一

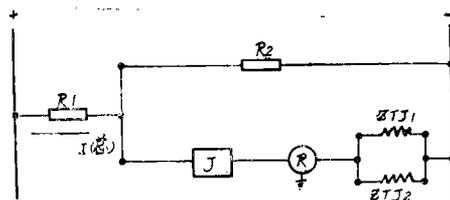


图 二

图中； $R_1 = R_2 = 1 \text{ K} \Omega$  (50W)

J，电流继电器4000 $\Omega$

ZTJ；出口中间继电器并联电阻4850 $\Omega$

1°接地后出口中间两端的稳态电压；

$$I(\text{总}) = \frac{u}{R_1 + \frac{R_2 \cdot (R_J + R_{ZTJ})}{R_2 + (R_J + R_{ZTJ})}} = \frac{220}{1 + \frac{4 \cdot 4.85}{1 + 4 + 4.85}} = 116 \text{ mA}$$

$$u_{ZTJ} = \frac{u - I(\text{总}) \cdot R_1}{R_J + R_{ZTJ}} \cdot R_{ZTJ} = \frac{220 - 116}{4 + 4.85} \cdot 4.85 = 57 \text{ 伏}$$

2° 出口中间的技术数据;

型号: ZJ3—3—1 A, 动作时间 8—10 ms

启动电压 80 伏

返回电压 30 伏

## 二、电容的过渡过程

经过实际对 (R) 端接地模拟, 每次出口继电器均能动作, 动作后测量线圈两端电压为 58 伏 (计算值为 57 伏), 而每次动作后均不返回, 这样就产生疑问, 即继电器启动电压为 80 伏, 为什么 58 伏能动作呢? 直流回路 “+”、“-” 极电缆的对地电容过渡过程是不容忽视的主要因素。

变电所内直流系统的支路相当多, 而且电缆的长度不一, 分布在站内各个角落, 每根电缆对地都可视为一个电容, 这样全站 “+” 极、“-” 极电缆对地就是若干个电容并联在一起。(见图三)

$\Sigma c_1$  = 正极对地电缆电容总合。

$\Sigma c_2$  = 负极对地电缆电容总合。

正常时电缆电容的电压被充电到  $R_1$  与  $R_2$  两端的分压电位即  $1/2 U_H$ 。当直流回路负极所联接的设备 (或正极) 发生接地时, 负极对地电容  $\Sigma c_2$  就要向接地的对象放电 (见图四)。

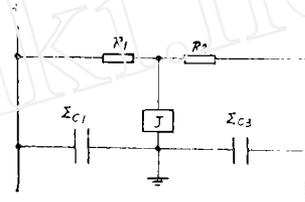


图 三

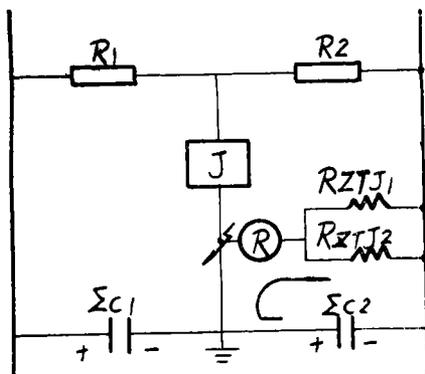


图 四

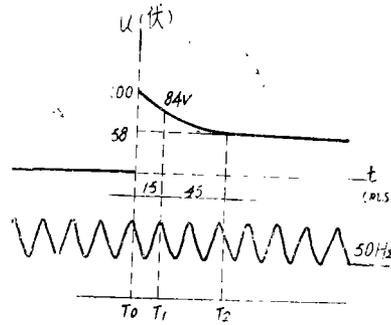


图 五

电容放电的时间与接地对象的电阻和站内  $\Sigma c$  容量的大小有关 (见图五)。从接地开始, 线圈两端电压为 110 伏 ( $T_0$ ), 经过三个周波 (60 ms) 衰减到 58 伏的稳定值。由  $T_0$ — $T_1$  (即衰减到继电器启动电压) 15 ms, 不难看出继电器的启动时间是足够了。因为继电器返回电压 30 伏, 而衰减到稳定值电压高于返回电压, 所以当继电器动作后是不能返回的。

### 三、通州变直流系统电缆电容

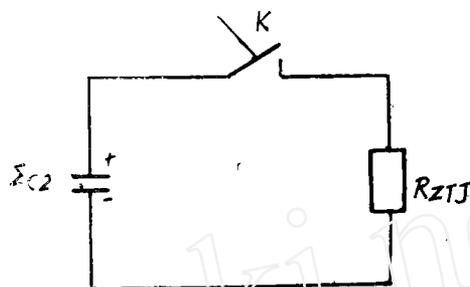
通过以上分析根据放电过程的曲线对于 $\Sigma c_2$ 的容量可以计算如下，

从等值电路图中，当(R)端接地相当

于图中K闭合电容 $\Sigma c_2$ 向 $R_{ZTJ}$ 放电。

(1) 放电回路方程：

$$\begin{cases} R \cdot C \frac{du_c}{dt} + u_c = 0 \\ u_{c1,t=0} = E \end{cases}$$



(2) 分离变量：

$$\frac{du_c}{u_c} = -\frac{dt}{RC}$$

因 $t = 0$ 对应 $u_c = E$ ，等式右端对 $\frac{du_c}{u_c}$ 由0到 $t$ 积分，对应左端由 $E$ 到 $u_c$ 积分则：

$$\int_E^{u_c} \frac{du_c}{u_c} = \int_0^t -\frac{dt}{RC}$$

化简得：

$$u_c = E e^{-\frac{t}{RC}}$$

将数值代入：

$$58 = 110 e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$-\frac{58}{110} = e^{-\frac{t}{RC}}$$

两边取出ln

$$\ln 58 - \ln 110 = -\frac{60}{4.85c}$$

$R_{ZTJ}$ 取4.85K，时间取60ms

$$\Sigma c_2 = \frac{60}{4.85 \cdot 0.64} = 19.3 \mu f$$

### 四、一点接地造成的后果及对策

从对220KV变电所的测试结论均证明，造成继电保护误动或导致运行设备元件损坏

的条件有以下几个方面，

1°：凡是出口中间继电器尤其是快速中间，其启动电压低于额定电压40%（只限继电器本体不包括外附电阻），动作速度不大于10ms者，在线圈处接地均能误动。

从目前几个制造厂家的生产情况看，由于产品采用提高动作安匝的措施（在原有的机构）来追求动作速度，这样势必会使启动电压降低。个别产品采用外附电阻方法来满足整组的动作电压是不可取的。

2°：凡是采用降压措施的晶体管保护或其他自动装置，只要在电源上与站内直流系统联接而不采取逆变隔离措施者，当触发器的逻辑回路中发生接地，均会导致误动、元件损坏击穿，或留下隐患，造成不安全因素。

3°考虑到直流一点接地时电缆电容对接地对象放电的后果是非常严重的，过去也没有这方面的经验，通过事故调查试验分析，特别是有些保护盘某些元件是晶体管的，有些则是电磁型或整流型混装在一面盘上，这样就很难采取措施，希望在今后组盘时考虑这方面问题。