

[接地故障]

企业电网小电流接地系统故障的研究与分析

文/中国石油集团电能有限公司供电公司 胡瀚

针对配电网系统发生异地两点接地故障选线进行分析，总结出适合配电网的接地选线方法，缩短接地选线时间，提高配电网的供电可靠性。

某企业电网公司的配电网系统属小电流接地系统，单相接地是一种最常见的故障，根据电网实际运行状况和数据统计，配电网近几年来发生单相接地故障占总故障率的70%以上。配电网管辖的部分变电所无接地选线装置，有接地选线装置的变电所从总体应用效果来看，存在着选线准确率不高，经常出现装置误报，造成调度误判断。调度一般多采用传统的人工拉合配电线路的方法进行接地选线，该方式存在一定的盲目性，反复的倒闸操作极易加大操作风险，频繁的停送电对用户的供电质量造成一定的影响。

配电网现管辖35 kV变电所19座，开闭所及配电所84座，6 kV电力线路1 188条。有17座变电所、开闭所安装了小电流接地选线装置。当系统发生单相接地故障时，非故障相电压升高到线电压，理论上系统可运行2 h。如不及时选线，极有可能造成电气设备绝缘薄弱环节的击穿，扩大故障范围。因此尽快选出接地故障线路，予以切除，以确保配电网的系统稳定性。

案例一：同相两点接地案例

2010年8月，某35 kV变电站6 kV I段母线A相金属性接地。原因是6 kV龙南开甲线0115电缆被施工挖断，龙南医院配6 kV II段母线所带二部1#变电电缆本体故障。此次选线用时12 h。

1. 故障前运行方式

龙南变电站1#、2#主变压器运行，6 kV I、II段母线并列运行，龙南开、龙十北开、龙十南开和景园开6 kV母联开关热备用，龙南医院配6 kV龙十北医院线41901运行，龙南医院线41902热备用，如图1所示。

2. 接地选线过程分析

1) 变电所值班人员检查所内设备无异常。拉开龙南变6 kV母联0103开关，确定为6 kV I段母线接地。拉合6 kV I段母线所有配电线开关，选择接地线路。对6 kV I段母线5条配电线进行依次拉合，4座开闭所进行倒负荷操作，未能选出接地线路。拉开6 kV龙南开甲线0115开关后，0115接地故障已被隔离，但6 kV龙十北甲线0121开关运行，6 kV I段母线A相接地现象依然存在。

2) 龙南变电站合上6 kV母联0103开关，拉开1#主变压器01开关后，接地现象依然存在，将1#主变压器恢复运行。合上6 kV龙南开甲线0115开关，拉开6 kV龙十北甲线0121开关后，0121接地故障已被隔离，但0115开关运行，6 kV I段母线A相接地现象依然存在。所以对龙南变电站6 kV I段母线上的5条配电线进行一轮拉合，无法选出接地线路。怀疑接地故障可能在6 kV I段母线上，龙南变电站合上6 kV母联0103开关，拉开1#主变压器01开关后，接地现象依然存在。

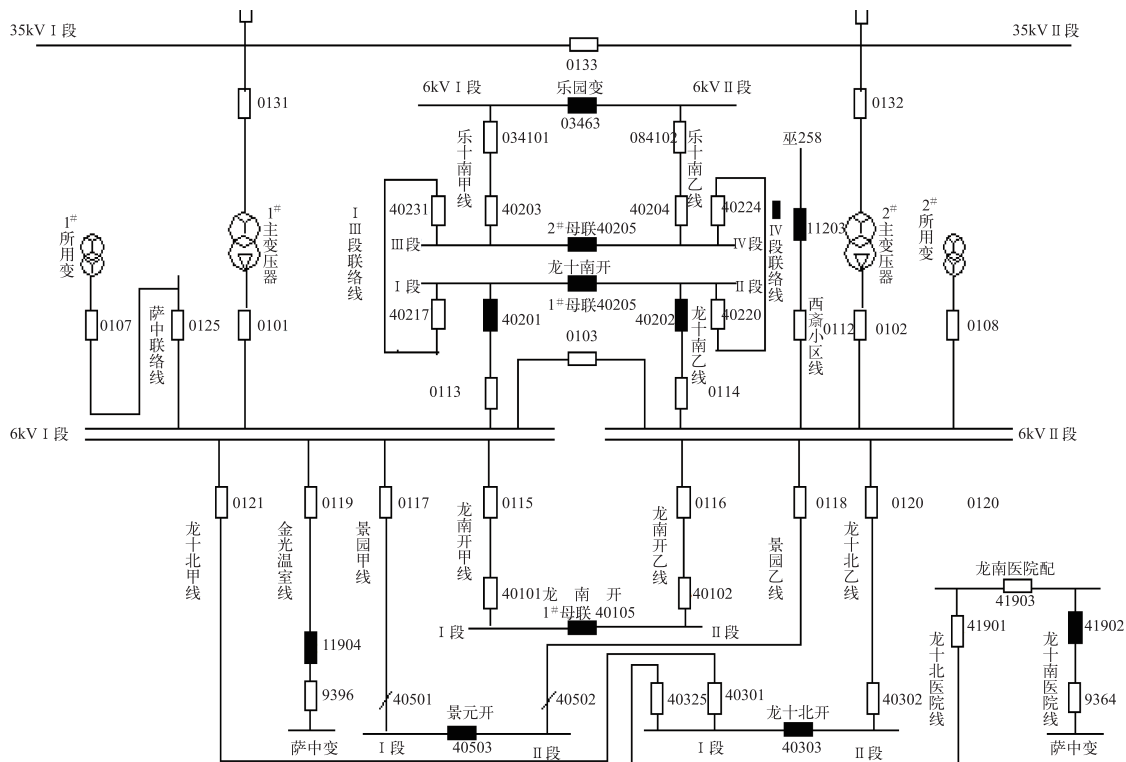


图1 某35 kV变电所主接线图

3) 龙南变电站拉开6 kV I段母线上所有配电线开关, 接地现象消失。依次对配电线开关进行合闸操作, 当合上6 kV龙南开甲线0115开关后, 出现接地现象, 确定为0115接地。合上6 kV龙十北甲线0121开关后, 再一次出现接地现象, 确定为0121接地。

4) 龙十北开合上6 kV母联40303开关, 龙南变电站6 kV I、II段母线出现接地现象。说明接地点在龙十北开6 kV I段母线进出线上, 对进出线进行拉合选线, 拉开6 kV龙十北医院线40325开关后, 龙南变电站接地现象消失。

5) 龙南医院配负荷转至萨中变电站, 因龙南医院配6 kV II段母线所带二部1[#]变电站电缆故障, 所以龙南医院配拉开6 kV龙十北医院线41901开关, 合上6 kV龙南医院线41902开关后, 萨中变电站6 kV母线出现A相金属性接地现象。

3. 接地故障对地电容电流分析

1) 6 kV龙南开甲线0115发生A相接地时, 龙南开甲线0115A相对地电容电流为零, B、C两相对地电容电流通过A相接地点流向1[#]主变压器, 然后通过1[#]主变压器的B、C两相, 6 kV龙南开甲线

0115B、C两相流出。所以故障点的对地电容电流实际上为另外两相的对地电容电流。

2) 龙南医院配6 kV II段母线所带二部1[#]变电站A相接地时, 对地电容电流为零, B、C两相对地电容电流通过A相接地点通过二部1[#]变电站A相、龙南医院配6 kV I段母线A相、6 kV龙十北医院线40325A相、龙十北开6 kV I段母线A相、6 kV龙十北甲线0121A相、龙南变电站6 kV I段母线A相。流向龙南变电站1[#]主变压器, 通过1[#]主变压器的B、C两相, 龙南变电站6 kV I段母线B、C两相。6 kV龙十北甲线0121B、C两相, 龙十北开6 kV I段母线B、C两相, 6 kV龙十北医院线40325 B、C两相, 龙南医院配6 kV II段母线B、C两相, 二部1[#]变电站B、C两相流出。所以故障点的对地电容电流实际上为另外两相的对地电容电流, 如图2所示。

3) 当6 kV龙南开甲线0115、6 kV龙十北甲线0121同时发生A相接地时, 流过接地点的对地电容电流只与本线路另外两相的对地电容电流有关, 与其他线路无关。此时可以把6 kV龙南开甲线0115、6 kV龙十北甲线0121看作并联的一条线路发生A相接地。

案例二：异相两点接地案例

2016年5月31日，某35 kV变电站6 kV I、II段母线A相金属性接地，同时6 kV综合楼2#线8846相间电流I段保护动作、开关跳闸。原因是8846距东湖106号配电间132 m处电缆本体故障、6 kV安装商服线8840 1#开关箱所带某超市电缆本体故障。

1. 故障前运行方式

该变电站1#、2#主变压器运行，6 kV I、II段母线并列运行。乘风变6 kV I段母线带东湖开、乘新

开、红旗开、儿少中心配和西城体育馆配，如图3所示。

2. 接地选线过程分析

此变电站为无人值守，小电流接地选线装置显示正确，此次选线用时1 h。

1) 当乘风变6 kV II段母线所带6 kV综合楼2#线8846发生A相接地，同时6 kV安装商服线8840发生B相接地时，此时8846、8840的三相对地电容电流相对于故障电流来说可以忽略不计。流过8846、

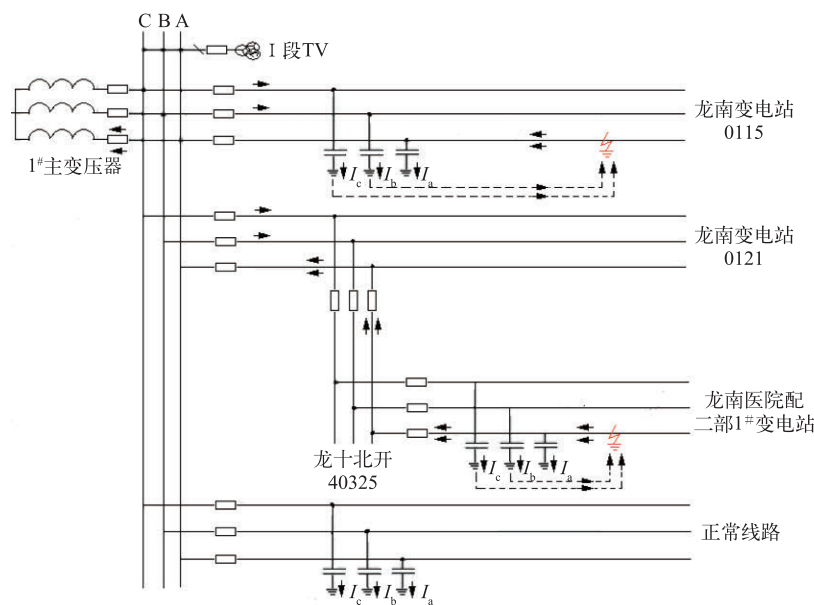


图2 接地故障对地电容电流分析示意图

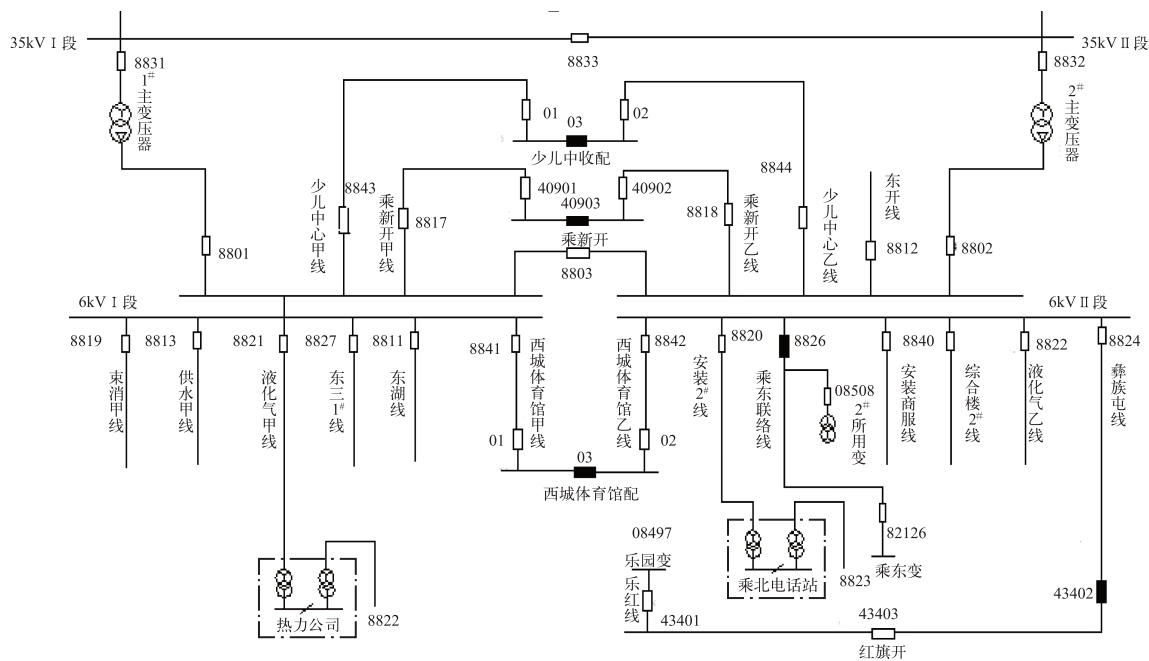


图3 某35 kV变电所主接线图

8840的故障电流既包括8846的A相故障电流，也包括8840的B相故障电流，对于6 kV综合楼2[#]线8846、安装商服线8840，两条线路均同时流过A、

B两相故障电流，在小电流接地系统中发生相间短路故障，保护动作开关跳闸，如图4所示。

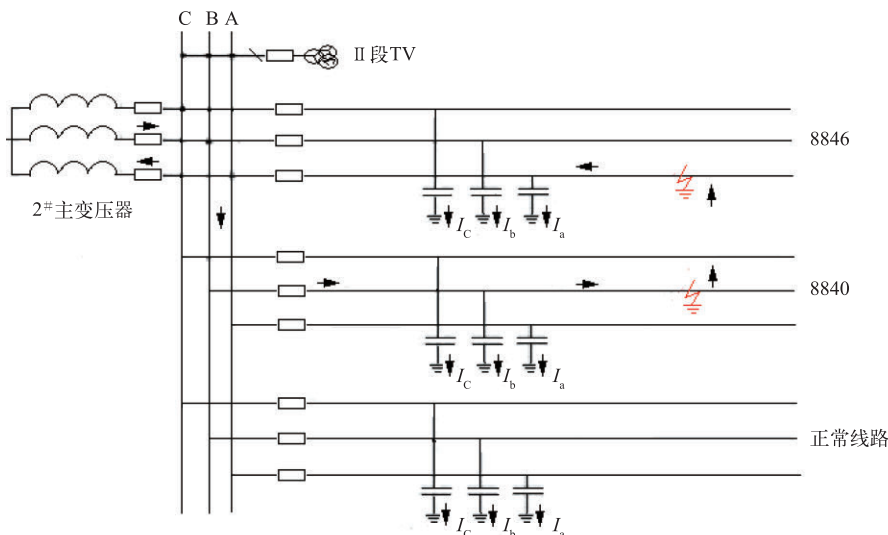


图4 接地故障对地电容电流分析示意图

2) 6 kV综合楼2[#]线8846与6 kV安装商服线8840，两条线路继电保护整定的相间电流I段动作时限一样，均为0 s，但从表1来看，两条线路整定的电流值大小不同，8846为35 A，8840为42 A。8846小于8840，所以8846的保护先动作，将开关跳闸，此时系统内8846的接地点已隔离，只有8840的接地点依然存在，而小电流系统中单相接地保护是不动作的，所以8840的保护返回。

表1 保护定值

线路名称	电流	相间电流I段	相间电流II段
安装商服线8840	300/5	42 A 0 s	5.5 A 0.3 s
综合楼2 [#] 线8846	300/5	35 A 0 s	5 A 0.3 s

措施和建议

1) 完善变电站小电流接地选线装置，减少对非故障线路不必要的停电，提高供电可靠性。变电站长期频发单相间歇性接地信号，应选线。双回线电缆线路接地故障处理好，必须进行试验、定相和合环。用户管辖电缆线路送电前，需提交试验报告后，方可送电。

2) 不同系统接地选线，需合上级母联开关后再合环转移负荷。转移负荷完毕后，变电站6 kV母联开关要解环运行，以免造成接地现象误判断。在接

地选线结束后，上级系统及线路所带开闭所、配电所均恢复常态运行方式。

3) 发生接地故障时，先根据选线装置进行选线，再结合人工筛选提高选线正确率。选线时，依次拉开接地母线上配电线开关，直至选出接地线路，不再试送。再依次合上非故障配电线开关，以防异地两点接地。接地时，询问清楚6 kV母线相电压，每次拉开配电线开关后，均要随时监视6 kV I、II段母线各相电压的变化。接地时伴有TV一二次保险熔断，无法根据6 kV母线电压判断接地相，应先更换TV保险，再进行接地选线。

4) 线路分段选线时，通知线路维护单位拉开线路最末一级分支开关，若变电所开关试送后接地，排除最末一级分支线路接地。再逐级试拉线路其他分支开关，试拉出接地故障段后，将不接地段送电或转至其他线路供电。接地线路带电缆开关箱，开关箱下侧带数条线路或多个开配电所时，要全部拉开数条线路或多个开配电所电缆开关箱内的分支开关，判断是电缆开关箱前侧接地还是后侧接地。如是后侧接地，应依次合上分支开关，当合至某一线路或某座开配电所分支开关后接地现象出现，可选择出接地区域。EA

(收稿日期：2021-07-10)