

「控制系统」

可控接地电阻系统在接地故障处理中的应用及其原理

文/广东电网公司中山供电局 周伟昆

针对当前普遍采用的消弧接地模式的不足，提出了一种基于可控接地电阻系统的接地故障全自动、全过程处理方案，该方法充分结合了传统低阻接地和消弧线圈接地的优点，完整实现了接地故障类型的智能识别、与配网智能终端FTU的协调配合及故障的自动隔离等关键功能，从而避免了人工干预，大大提高了系统供电的安全性和可靠性。

配电网中性点接地模式与电力系统安全及运行可靠性密切相关，是配电网建设中必须关注的重要问题。随着传统配电网逐步发展到智能配电网，当前所采用的传统消弧线圈接地模式存在较大缺陷，不能适应配电网发展的要求，主要体现在以下几点。

- 1) 不能自动切除非瞬时性单相接地故障，整个配电系统须承受较长时间（2 h）的工频过电压（线电压），因此，对设备的绝缘水平要求高。
- 2) 接地故障的长时间存在不利于设备及人身安全，有安全隐患。
- 3) 当同时发生多条线路接地故障时，无法准确全部处理。
- 4) 无法与配网自动化系统无缝配合，导致配网自动化系统在电网发生接地故障时难以快速获取相关信息而丧失故障隔离功能，严重降低了配网自动化系统的可用性。

随着社会快速发展，高科技数字设备的应用越来越广泛，对供电可靠性提出了更高的要求。重合闸、倒闸操作及拉路选线等引起的短时中断用电可能会导致停工停产，引起严重后果。据对某沿海城市的调查结果表明，由于故障造成的停电带来的经济损失达40元/kW·h电左右，粗略估计，我国每年的停电损失在2 000亿元以上。需要提出的是，90%以上的用户停电都是因为配电网故障引起的。

配电网接地故障控制技术重点应该是接地故障的自动定位与隔离。但目前国内外研究机构在这方面的研究重点还是沿用传统的思维模式，即消弧+选线研究路线，企图简单地通过不断提升选线的准确度来彻底解决面临的困难，但接地故障情况复杂、形式多变，大量的瞬间故障难以处理，难以达到继电保护级水平，无法与配网自动化系统衔接。

本文尝试突破以往传统单一模式，提出一种融传统低阻接地和消弧线圈接地两者优点于一身的可控接地电阻方案，以实现接地故障全过程、全自动处理。

全自动接地故障处理流程

为了实现电网接地故障的全自动、全过程处理，接地系统处理流程如下。

- 1) 当电网发生瞬时性接地故障时，系统快速自动投入进行补偿，电弧熄灭接地自动消失，系统自动退出补偿状态，系统恢复正常运行。
- 2) 当电网发生永久性接地故障时，系统快速自动投入进行补偿，当接地故障时间超过整定值时则系统输出足够量的特征信号，使装于变电站内的线路保护动作，靠开关跳闸切除故障线路。故障线路切除后故障消失，系统退出，配电网恢复正常运行。

从上述描述可以看到，电网接地故障从发生

到恢复正常，不需要人工干预，实现了电网接地故障的全自动、全过程控制。

可控接地电阻系统配置

1. 整体方案

可控接地电阻系统整体结构如图1所示。接地变压器的高压绕组中性点引出线接电抗器的高压绕组一端，电抗器高压绕组的另一端串联电流互感器后直接接地。小电阻与单相高压开关串联后并联在电抗器两端，电压互感器接在中性点和地之间，电流互感器、电压互感器的二次绕组输出连接到智能控制装置的模拟信号输入模块，智能控制装置的脉冲输出模块和开关量输出模块连接到电抗器及单相高压开关的控制输入端。

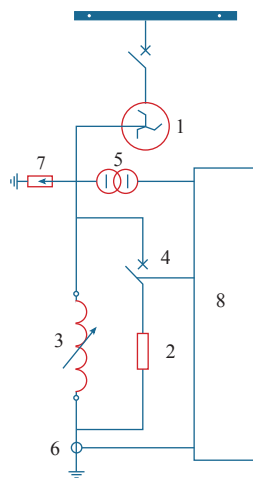


图1 可控接地电阻系统结构示意图

- 1—接地变压器 2—小电阻 3—电抗器
4—单相高压开关 5—电压互感器 6—电流互感器
7—避雷器 8—智能控制装置

电抗器采用随调式可控电抗器，小电阻为不锈钢大功率电阻。智能控制装置的功能模块如图2所示，包括模拟量输入模块、开关量输入模块、中央处理模块、脉冲输出模块、开关量输出模块、通信模块和人机交互模块。

其中模拟量输入模块将电流互感器、电压互感器输出的模拟量信号转换为数字信号，提供给中央处理模块；开关量输入模块主要采集开关辅助触点的信号，用于判断开关状态及母线运行状态；中央处理模块是智能控制装置的核心，对模拟输入量信号和开关输入量信号进行计算分析与判断，形成控制逻辑；控制指令通过脉冲输出模块和开关量输出模块对消弧线圈和单相高压开关

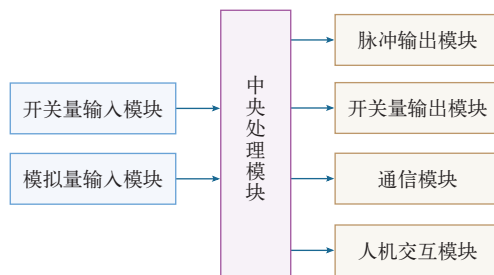


图2 智能控制装置功能模块图

进行控制；通信模块主要用于与后台监控系统和调度系统传输信号，包括成套装置运行状态和告警信号；人机交互模块主要是方便用户对系统及设备运行的了解并进行相关的定值整定。

2. 功能及原理

可控接地电阻系统实现了对瞬时接地故障和永久性接地故障的区分对待。瞬时性故障由电抗器补偿后自行恢复，永久性接地故障则投入小电阻产生大电流准确跳闸。这样既解决了传统消弧线圈接地方式下选线不准的问题，也解决了传统小电阻接地方式下跳闸率过高的问题。

系统正常运行时，接地变压器中性点的电压一般很低，从几伏到几百伏，此时单相高压开关处于断开状态，流过小电阻的电流为零。这样就避免了现有小电阻接地系统里小电阻一直投入系统中，因为不平衡电流过大而出现烧毁的问题。同时，随调式可控电抗器处于高阻抗状态，输出的电流很小，接近于零。

智能装置根据中性点电压互感器的输出判断系统是否发生了接地故障，一般判断门槛为额定相电压的15%~30%。当判定系统发生接地故障时，智能装置控制电抗器输出所需的电感电流对接地电容电流进行快速补偿，同时开始进行接地持续时间统计。

当接地持续时间小于 t 时（根据经验 t 一般设置为3~10 s），判定为瞬间接地故障。瞬间接地过程中，消弧线圈保持系统所需的电感电流的输出，抵消容性电流以减小故障点残流从而熄灭电弧。瞬间接地故障经电抗器的补偿后自行消除。此过程中单相高压开关不动作，小电阻并不投入系统。

当接地持续时间大于 t 时，判定为永久性接地故障，智能控制装置在 t 时刻通过开关量输出模块发出控制信号，控制单相高压开关闭合，将小电

阻投入系统。小电阻投入系统后产生大电流，使得继电保护系统的零序电流保护动作，隔离故障线路。系统恢复正常后，智能控制装置控制单相高压开关断开，将小电阻退出系统。

可控接地电阻系统通过对接地持续时长及中心点电压变化进行判断，区分瞬间接地和永久性接地，采取不同的应对措施，有效地提高了系统供电的安全性和可靠性，以及接地成套装置的安全性。

应用实例

某110 kV变电站有3台主变、4段母线，现阶段有18条10 kV出线（还有17条线路备用），由架空线路和电缆混合组成。改造前有3套消弧线圈，2套调匝型、1套高阻抗型，分属不同厂家并且有容量不足的现象，接地故障选线准确率大约只有60%。该站改造采用3套ZGLR型可控接地电阻系统，在10 kV配电网实现了接地故障全自动全过程处理方案。

1. 试验结果

该站改造完成后，在变电站现场进行了高压单相接地故障试验，试验结果如图3所示。

可见，高压永久性接地故障试验中，可控电抗器输出补偿，残流 <5 A；接地成套装置电阻在到达整定时间10 s后投入；保护快速动作，故障线路切除后系统恢复正常运行。

2. 运行情况

该站可控电阻接地系统运行半年来，共发生接地故障12次，其中3次为永久性故障，均准确选线跳闸成功，准确率达100%，实现了对接地故障的智能全自动处理。EA

（收稿日期：2014.09.05）

（编辑：杨得润）

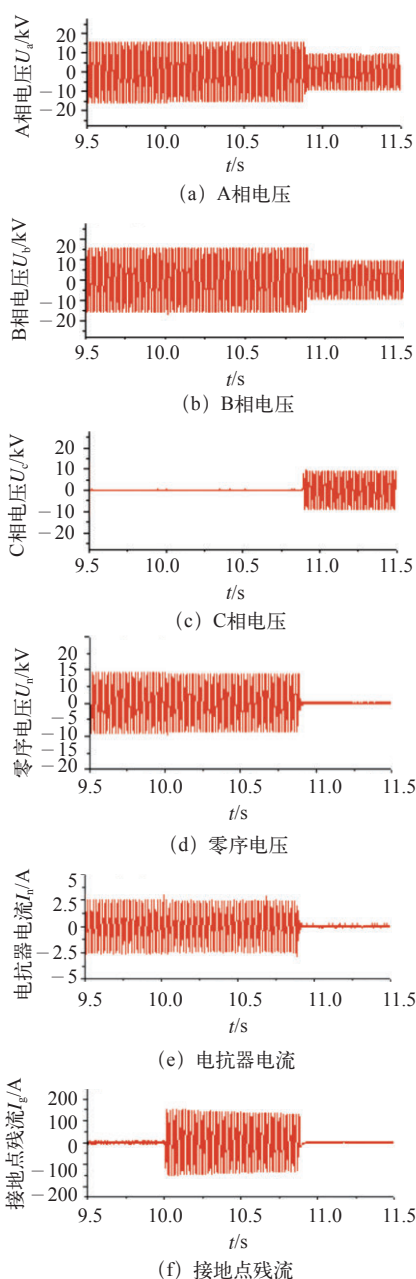


图3 试验结果

（上接第91页）

泄漏问题，系统需要检查漏点。系统在正常的工作情况下会有气压的下降，属于正常情况，在气瓶上的减压表的高压表下降到10 MPa时，请更换气瓶。如在系统采样运行时更换气源，会对数据造成不确定的影响，并可能产生错误报警。

结束语

变压器油色谱在线监测系统针对变压器内部

的过热和放电性故障进行在线监测、故障预判，该系统实现了在线监测油浸式变压器的运行状态，为变压器安全运行保驾护航。本技术将来的成功应用，将在整个石化行业产生示范效应，使得越来越多的企业关注并尽早解决电力设备安全稳定运行及状态评估问题，切实满足生产装置长周期安全生产的需要。EA

（收稿日期：2014.10.10）

（编辑：杨得润）