

新型智能接地系统在配电网故障处理中的应用

配电网接地故障处理是电网运行人员非常关心的问题,但当前普遍采用消弧接地模式,因为机理局限存在许多不足,提出的可控接地电阻方案突破以往传统单一模式,提出接地故障全自动全过程处理方案,充分融合了传统低阻接地和消弧线圈接地的优点而避免了其缺点,所研制的可控接地电阻系统完整实现接地故障类型的智能识别、与配电网智能终端FTU的协调配合及故障的自动隔离等关键功能,不需要人工干预,大大提高系统供电的安全性和可靠性。

吴江一 姚积坤 倪伟东/广东电网公司佛山供电局
朱传柏/浙江大学电气工程学院



吴江一/高级工程师

配电网中性点接地模式与电力系统安全与运行可靠性密切相关,是配电网建设中必须关注的重点问题。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^[1-2]存在较大缺陷,不能适应配电网发展的要求,主要问题包括^[1-3]:

- 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) 无法与配电网自动化系统无缝配合,导致配电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,严重降低了配电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、倒闸操作和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。据对某沿海城市研究结果表明,由于故障造成的停电带来的经济损失达40元/(kW·h)左右,粗略估计,我国每年的停电损失在2 000亿元以上,而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的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^[4,5],企图简单地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,无法与配电网自动化系统衔接。

全自动接地故障处理

1. 传统接地故障处理流程

当配电网发生接地故障时,传统的消弧接地系统一旦检测到故障发生,及时对故障电流进行补偿,使故障线路仍然处于运行状态;在此过程中如果故障消失,消弧接地系统退出,流程结束。如果故障一直存在,则同时启动选线系统,试图判断故障线路并将结果提供给运行人员,由运行人员人工处理故障。上述过程比较复杂并充满了不确定性,准确率低、时间长,另外其获得的信息没法与其他智能设备如FTU分享^[4-6]。

2. 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

关键词/Keywords

可控接地电阻 ·
接地故障全自动处理 ·
智能识别 ·

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, 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, 电网接地故障从恢复到恢复正常, 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。

系统构架

为了实现接地故障全自动全过程处理流程, 本文在充分融合传统低阻接地和消弧线圈接地的优点而避免其缺点的基础上, 提出了可控接地电阻系统的设计方案^[7-8]。

可控接地电阻系统包括接地变压器、小电阻、电抗器、单相高压开关、电压互感器、电流互感器、避雷器和智能控制装置。可控接地电阻系统结构示意图如图1所示。

其中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

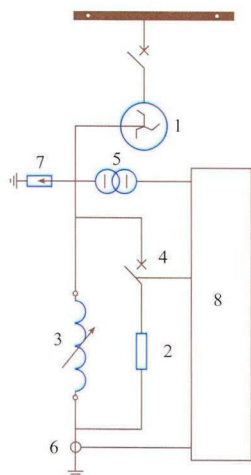


图1 可控接地电阻系统结构示意图

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

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。其中所述的电抗器为随调式可控电抗器; 小电阻为不锈钢大功率电阻。

智能控制装置内部结构示意图如图2所示。该智能控制装置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化为数字信号, 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系统及设备运行的了解并进行相关的定值整定。

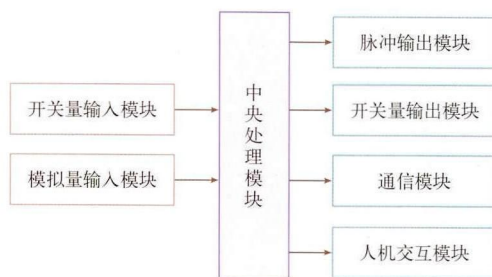


图2 智能控制装置内部结构示意图

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处理。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。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。

可控接地电阻系统的小电阻在系统正常运行

时不投入系统,只在永久性接地故障时才短时间投入,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。

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。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(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,减小残流以熄灭电弧,但这个过程中单相高压开关不动作,小电阻并不投入系统。瞬间接地故障经电抗器的补偿后自行消除。

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性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,也有效地提高了接地成套装置的安全性。

应用实例

某市110 kV白石变电站有三台主变压器,四段母线,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。改造前有三套消弧线圈,两套调匝型,一套高阻抗类型,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%。该站改造采用三套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

白石变电站改造完成后,在变电站现场进行了高压单相接地故障试验。高压接地试验波形图如图3所示。

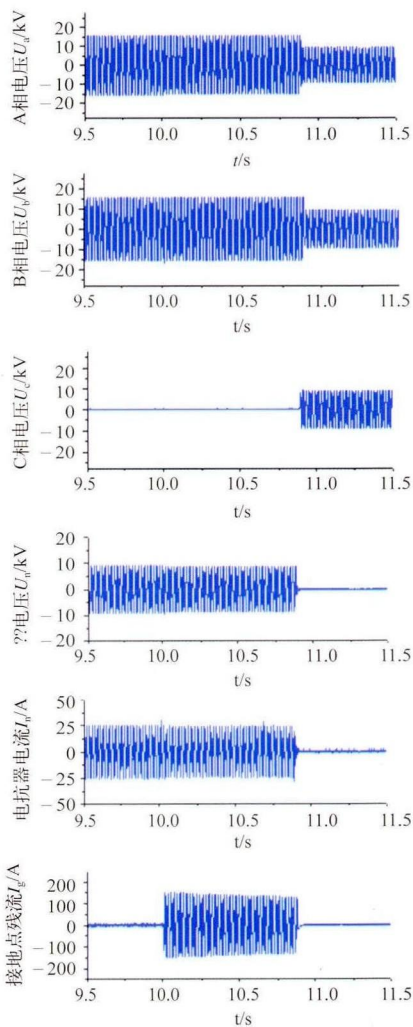


图3 高压接地试验波形图

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

该变电站可控电阻接地系统运行半年来,

(下转第126页)

模块对传感器节点的具体位置进行描述。通过节点型电气物联网中的设备过热区定位模块实现软件设计。仿真实验结果表明,所设计的系统具有很高的实用性及可靠性。

参考文献

- [1] 陈戈. 基于计算机视觉的交通事故快速定位系统[J]. 科技通报, 2013, 29 (4): 64-66.
- [2] 蒋挺, 赵成林. 紫蜂技术及其应用[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2006: 24-237.
- [3] 李运鹏, 徐昌彪. 基于无线传感器网络MAC层协议的研究[J]. 电信快报, 2009 (4): 23-25.
- [4] 江玲, 周健明. Zigbee网络层关键技术研究与应用[J]. 黄石理工学院学报, 2009, 25 (1): 27-31.
- [5] 李彬, 李业德, 程海涛. 低功耗无线测温系统

的设计[J]. 山东理工大学学报: 自然科学版, 2009, 23 (2): 83-87.

- [6] 朱剑锋, 熊志斌, 尹成国. Zigbee无线传感网络与IP网络的网关设计[J]. 软件, 2011, 32 (9): 53-55.
- [7] 李俊斌, 胡永忠. 基于CC2530的Zigbee通信网络的应用设计[J]. 电子设计工程, 2011, 19 (16): 108-111.
- [8] 徐敬东, 赵文耀, 李森, 等. 基于ZigBee的无线传感器网络设计[J]. 计算机工程, 2010, 36 (10): 110-112.
- [9] 宁炳武, 刘军民. 基于CC2430的Zigbee网络节点设计[J]. 电子技术应用, 2008 (3): 95-99.
- [10] 周武斌, 罗大庸. ZigBee路由协议的研究[J]. 计算机工程与科学, 2009, 31 (6): 12-14, 29.

(收稿日期: 2014-11-12) **EA**

(上接第45页)

共发生接地12次, 其中三次为永久性故障, 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。

结束语

当前普遍采用的消弧接地模式, 因为机理局限, 存在严重不足。本文提出的可控接地电阻方案突破传统单一模式, 实现了接地故障全自动全过程处理流程, 充分融合了传统低阻接地和消弧线圈接地的优点而避免了其缺点, 所研制的可控接地电阻系统完整实现接地故障类型的智能识别及处理、与配电网智能终端FTU的协调配合及故障的自动隔离等关键功能, 不需要人工干预, 大大提高系统供电的安全性和可靠性。

参考文献

- [1] 要焕年, 曹梅月. 电力系统谐振接地[M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [2] 张志文, 等. 配电网混合接地运行分析[J]. 电力系统及其自动化学报, 2012, 24 (2).
- [4] 王伟, 等. 暂态信号特征分量在配电网小电流接

地选线中的应用[J]. 电网技术, 2008, 32 (4): 96-100.

- [5] 薛永瑞, 等. 基于暂态零序电流比较的小电流接地选线研究[J]. 电力系统自动化, 2003 (9): 48-53.
- [6] 赵冬梅, 郑朝明, 高曙. 配电网的供电优化恢复策略[J]. 电网技术, 2003, 27 (5): 67-71.
- [3] 肖白, 束洪春, 高峰. 小电流接地系统单相接地故障选线方法综述[J]. 继电器, 2001, 129 (4): 16-20.
- [7] Wishtibeev A.V. About duration operate of resistor for neutral grounding[J]. Science and Technology, 2003 (2): 282-286.
- [8] Mazon A. J, Zamora I, Zabala L, et al. First resonant neutral grounding implantation in Spanish distribution system[J]. Power Tech Proceedings, 2001 (14): 10-13.
- [9] Mu Long-hua, Meng Qing-hai. Ground fault protection based on active component of zero-sequence current in resistance neutral grounded distribution systems[J]. Proceedings of IEEE Tencon, 2002 (3): 28-31.

(收稿日期: 2014-12-11) **EA**