

10 kV 中性点接地方式由消弧线圈变为小电阻的改造方法及常见问题探讨

刘议华, 邱爽*, 薛思祥, 阎鼎

(国网上海市电力公司市南供电公司, 上海 徐汇 200233)

摘要: 随着城市电网的发展, 电缆在10 kV配网中的比重不断增加, 消弧线圈接地方式的各种弊端不断凸显, 小电阻接地方式的优势则越发明显。介绍了10 kV城市配电网中性点接地方式由消弧线圈改造为小电阻的总体思路及流程, 并对小电阻接地方式存在的一系列问题进行了探讨。

关键词: 配电网络; 消弧线圈接地; 小电阻接地

中图分类号: TM475

Discussion on the Transformation Method and Common Problems of 10 kV Neutral Grounding Mode from Arc Suppression Coil to Small Resistance

LIU Yihua, QIU Shuang*, XUE Sixiang, YAN Ding

(State Grid Shanghai Electric Power Company Shinan Power Supply Company, Shanghai Xuhui 200233, China)

Abstract: With the development of urban power grid, the proportion of cable in 10 kV distribution network is increasing, which highlights the disadvantages of arc suppression coil grounding, and the advantages of small resistance grounding are more and more obvious. This paper introduces the general idea and process of transforming the neutral grounding mode of 10 kV urban distribution network from arc suppression coil to small resistance, and discusses a series of problems existing in the small resistance grounding mode.

Keywords: distribution network; arc suppression coil grounding; small resistance grounding

0 前言

近年来, 城市架空线入地工程开展得如火如荼, 市区10 kV电缆数量激增, 这也导致10 kV配电网中的容性电流值大幅增长, 对于消弧线圈接地方式来说, 就需要对应提高消弧线圈补偿容量并提升系统绝缘水平, 但这会大大增加投资。此外, 电缆故障大多为永久性故障, 消弧线圈接地方式选线难度大, 故障时间一长容易发展为相间故障, 扩大事故范围。相比于消弧线圈接地方式, 小电阻接地方式具备如下4个优点: (1) 良好的接地选线功能。其配备的零流保护灵敏度高, 能快速准确切除故障线路, 大幅缩短了故障排查时间; (2) 有效抑制谐振过电压。中性点小电阻和对地电容相当于并联, 破坏了电网由于TV铁芯磁滞饱和、线路断线及断路器不能同时合闸而发生谐振的条件, 从而抑制谐振过电压; (3) 保护设备绝缘水平。在单相间接性弧光接地时, 可有效限制工频过电压及设备经受过电

收稿日期: 2023-02-11

压的时间, 同时通过电阻释放残余电荷, 不会因发生二次燃弧时而造成过电压; (4) 实现原理简单, 投资少。小电阻接地方式除须配备保护测控装置, 无需增加其他控制元件, 设备缺陷率低, 运维简单, 出现异常情况可迅速判断处理, 无须依赖接地装置厂家的技术支持。经对比可以看出, 小电阻接地方式较消弧线圈接地方式优势明显。

1 改造原则及流程

消弧线圈接地系统改造为小电阻接地系统后, 须要依据电网上下级保护整定原则, 针对变电站设备、开关站出线、架空线柱上开关以及用户侧开放零流保护, 此外还涉及变压器中性点接地方式改造。

1.1 整定原则

小电阻接地系统继电保护, 应当满足可靠性(包括安全性和信赖性)、选择性、灵敏性等基本要求。

继电保护可靠性主要由配置结构合理、质量优良和技术性能满足运行要求的继电保护装置来保证。电网内任一点发生单相接地故障, 均有相关保护动

作切除。

对非持续性接地故障，10 kV 馈线宜配置间歇性接地保护。

保护整定与运行要确保选择性，保证任一点发生单相接地故障时，由本身保护动作切除，只有当本身保护或断路器拒动时，才允许由相邻设备切除。

在小电阻接地系统中，零流保护应考虑线路经高阻接地故障的灵敏度，一般线路零流保护最后一阶段定值不大于 300 A。

由于小电阻接地系统的特殊性，其接地故障电流数值与负荷电流数值相差不大，故原则上不要求速动，但保护动作时间必须满足 1 000 A、10 s 的有关设备热稳定要求。

小电阻接地系统必须且只能有一个中性点接地运行，当接地变压器或中性点电阻失去时，供电变压器的同级断路器必须同时断开。

正常运行情况下，不允许几个小电阻接地系统并列运行。以免接地电流过大，引起设备损坏及保护失去选择性。

1.2 变电站设备开放零流

1.2.1 10 kV 架空线出线

前加速零流：作为架空线接地故障的主保护，速动保护范围不一定能保护全线。

定时限零流：作为架空线接地故障的后备保护，保护全线。

间歇性接地保护：当系统发生非直接接地，如发生经过渡电阻接地，或者发生间歇性接地时，接地电流达不到零序电流保护的整定值，或者达不到零流保护的启动时间要求，此时零流保护不动作，但系统上一直存在较小的零序电流，长时间保持会发生小电阻烧坏等情况，为防止出现这种情况，设置间歇性接地保护。其定值较零序电流保护定值小，时间较零序电流保护长。整定时间为 8 s。

1.2.2 10 kV 纯电缆出线

定时限零流：整定时间与下级开关站出线配合，一般为 3 s，保护全线。

间歇性接地保护：整定时间与下级开关站间歇性接地配合，下级开关站出线为 5 s，变电站 10 kV 出线为 8 s。

1.2.3 10 kV 分段自切

变电站 10 kV 分段自切，增加后加速零流保护，

自切动作合于接地故障时动作。

1.2.4 主变 10 kV 开关

配置主变 10 kV 零流 I 段保护，动作跳开主变 10 kV 侧开关，配置主变 10 kV 零流 II 段保护动作跳开主变各侧开关。

1.3 开关站出线开放零流

10 kV 开关站出线同变电站 10 kV 电缆出线一样，加装定时限零流与间歇性接地保护，整定时间均较变电站 10 kV 电缆出线缩短。同变电站一样，在开关站的 10 kV 分段自切增加后加速零流保护，自切动作合于接地故障时动作。

1.4 柱上开关开放零流

架空线上的柱上开关全部开放零流，与本线有联络的其他变电站架空出线上的柱上开关也全部开放零流。10 kV 自落熔丝靠熔丝的熔断进行对其负荷侧设备发生接地故障时的保护。具体情况如下。

1.4.1 供用户的柱上开关

供用户（电缆进线）的柱上开关，在负荷侧安装 TV 及控制箱，确保柱上开关后的设备故障（包括 TV 故障）时能正确动作，迅速隔离故障点。断路器内 TA 变比 400/5。控制箱内保护参数统一设置为：速断电流 1 000 A，速断时间为 0 s；限时过流 600 A，时间为 2 s；在小电阻接地系统中零流保护定值设为 250 A，时间为 1.5 s。

1.4.2 联络柱上开关

联络、分段用柱上断路器（负荷开关），两侧分别加装 TV 及控制箱。断路器内 TA 变比 600/5。暂不设定保护，即控制箱内保护设定退出（控制箱电源分闸位置）。

1.5 用户侧开放零流

上级电源侧由消弧线圈系统改造为小电阻系统后，应同步实施用户侧改造，即开放用户侧零流保护，且用户侧零流保护定值应与上级保护相配合。用户侧接地也应同步改造。

1.6 变压器中性点接地方式改造

变压器中性点接地主要通过接地变和小电阻实现，接地变一般采用 Z 型接地变^[1]，如图 1 所示。

每相铁芯柱上的 2 个绕组按相反方向缠绕，并按照 Z 型连接法将三相绕组连成星型^[2]。正、负序电流流过时表现为高阻抗（相当于励磁阻抗），而当零序电流流过时，同一铁芯柱上的 2 个绕组产生

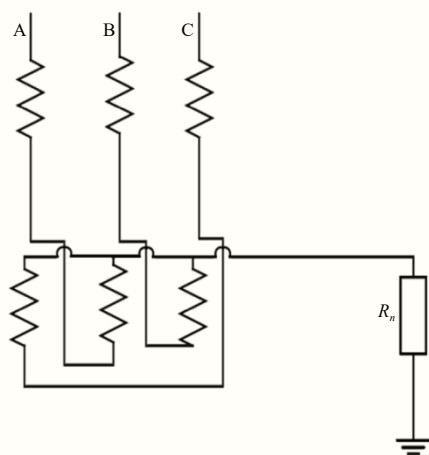


图1 小电阻接地方式原理图

的磁通互相抵消，表现为低阻抗（相当于漏抗），从而实现对接地故障的快速判别及定位。

1.7 小电阻接地装置选择设计

根据 DL/T 620—1997《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》中规定^[3]，额定电压为 10 kV 的电气设备短时（1 min）工频耐压一般为变压器为 35 kV、开关为 42 kV。

小电阻接地装置中的小电阻均应满足 DL/T 780—2001《配电系统中性点接地电阻器》的要求。小电阻装置应采用不锈钢合金型电阻器，接地变压器应采用 Z 型接线变压器。零序电流互感器施工时，要特别注意电缆外皮接地线的正确性。

2 常见问题探讨

由于熔断器一般仅按照被保护设备的额定容量选择，且不同熔断器的特性曲线存在差异，可能出现单相接地故障下熔断器和上级继电保护不配合的情况。当熔断器和上级保护不配合时，可能出现单相接地故障下熔断器和上级保护同时动作，甚至出现熔断器不动作，而上级保护越级动作的情况。此外小电阻接地改造还涉及特定开关站自切停用及用户侧改造问题。

2.1 与架空线自落熔丝配合

10 kV 杆变通常采用自落熔丝作为保护。当发生故障时，依靠自落熔丝熔断切除故障电流，从而保证非故障设备继续运行。自落熔丝保护特性曲线呈现反时限特征，故障电流越大，熔断时间越短；反之，熔断时间越长。

我们选择库柏西熔丝系列中的 100 A 熔断器展

开分析。变电站送出的 10 kV 架空线零流保护配置及典型定值如表 1 所示。

表1 10 kV 架空线零流保护配置表

保护类型	典型定值
前加速零流	480 A 0 s
定时限零流	320 A 3 s

对于之前在配网中应用较多的 100 A 自落熔丝来说，发生单相接地故障时，零序故障电流大于 480 A，上级前加速零流保护将动作，动作时间为 0 s；而对应于 100 A 自落熔丝，480 A 故障电流的自落熔丝熔断时间为 6 s，理论上对于 1 000 A 小电阻接地系统，最大零序故障电流不会超过 1 000 A，此时自落熔丝动作时间为 0.4 s，因此，当发生接地故障时，熔断器与前加速零流动作时间不配合，将出现前加速零流先于熔断器动作的情况。

针对上述问题，将架空线 100 A 自落熔丝调换为 75 A 自落熔丝，对于 100 A 以上元件自落熔丝则调换为柱上断路器，提升了配网可靠性。但这也增加了投资，且目前柱上开关户外运行环境复杂，存在控制器故障拒动的可能性，须要加大运行维护，及时排除柱上断路器拒动的隐患，增加电网运行风险，后续须要逐步将容量较大的配电站和用户由熔断器供电改由开关站出线供电。

2.2 与配电站负荷闸刀熔丝配合

目前城市配电网中大部分 P 型站（即配电站）采用负荷闸刀熔丝作为保护。与架空线类似，同样存在负荷闸刀熔丝和上级零流保护不配合的问题。以某地区城市电网中曾经发生的一起越级跳闸事故为例。

A 站为 10 kV 开关站，其一路出线：63 新 1 新镇一号甲作为下级 10 kV 配电站 B 站进线电源，如图 2 所示。

2022 年 5 月 7 日，A 开关站：63 新 1 新镇一号甲零流保护动作，开关跳闸。后续查明原因为下级 B 配电站：15 新 11 农南路西出线 3 号杆有小动物碰线痕迹。操作人员现场确认 A 开关站：63 新 1 新镇一号甲出线零流保护动作，开关跳闸。下级 B 配电站：15 新 11 农南路西负荷闸刀柜内熔丝未熔断，负荷闸刀也未联动跳闸，致使该出线故障未能及时隔离，越级至上级电源开关站对应出线开关跳闸。

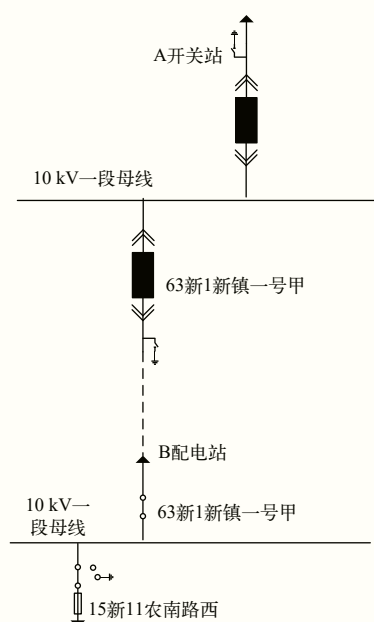


图2 10 kV 开关站及配电站

A 开关站：63 新 1 新镇一号甲零流保护整定值为：160 A，1 s。B 配电站：15 新 11 农南路西负荷闸刀柜内熔丝规格为 100 A。

实际保护电流约为 900 A，根据熔丝特性曲线，对应延时为 1.2 s 左右，由于各自动作时间上的差异，导致故障当天上级电源开关站保护动作先于负荷熔丝熔断，因而造成故障范围扩大。

为了使负荷闸刀熔丝能与上级电源站零流保护配合，需要将熔丝规格调小。图 2 为了与上级站零流保护整定值的 160 A，1 s 配合，应选用 16 A 的熔丝，显然这是不实际的。

经上述分析可以得知，配电站负荷闸刀熔丝极易产生与上级电源站零流保护不配合的问题，后续应考虑将这类配电站所供架空线以及所供容量较大的配电站专线用户，改由开关站出线供电或者整个配电站改造为开关站，但同时这也会增大投资。

2.3 开关站自切

一路电源为消弧线圈系统，另一路电源为小电阻系统的开关站，在调度事故处理接地时，需要停用分段自切，防止小电阻系统侧跳闸，避免扩大故障范围。

2.4 用户侧改造

小电阻接地改造工程要求用户侧开放零流保护，但是部分用户侧继电保护装置设备老旧，无法直接开放零流，需要用户投资更换继电保护装置，工作

上较难开展。

3 结束语

本文论述了城市配电网中 10 kV 小电阻接地方式相比消弧线圈接地方式的诸多优势，介绍了小电阻改造的总体思路及具体流程，并对小电阻接地方式下存在的典型问题进行了探讨。小电阻接地方式虽较消弧线圈接地方式优势明显，但其并不适用于所有配网，尤其是郊区等架空线较多且瞬时性故障频率高的区域，且需要相应加大投资以及更为合理的电网网架作为支撑。

参考文献

- [1] 张健，马伟，朱亚奇，等. 10 kV 配网中性点小电阻接地系统的研究与设计[J]. 电力系统保护与控制，2019，47（14）：109-115.
- [2] 伍梓超. 提高配网小电阻接地零序保护的可靠性探究[J]. 中国新技术新产品，2018（11）：58-59.
- [3] 樊博. 10 kV 配网中性点经小电阻接地技术及应用[J]. 智能城市，2017（2）：267.

作者简介

刘议华（1982—），男，硕士，高级工程师，从事电力调控工作，E-mail: liu_yihua@sh.sgcc.com.cn.

（责任编辑：刘艳玲）

资讯

国网河北建设公司：雄安复兴 220 kV 变电站启动钢结构施工

2024 年 1 月 4 日，国网河北建设公司建管的雄安新区复兴近零碳 220 kV 变电站工程顺利开展综合配电楼钢结构“第一吊”，标志着该项目钢结构施工正式拉开序幕。

复兴站配电装置楼采用全预制、全装配的钢架结构，钢材总重 1 920 t，建筑最高标高 18.09 m，建筑面积共 8 803 m²。

在钢结构吊装前，河北建设公司组织设计单位、施工单位和钢结构厂家充分细致地对吊装方案进行了三维推演，相关参建单位于 1 月 2 日召开钢结构吊装交底会，对参建人员进行安全技术交底，细化吊装方案，明确岗位职责，确保各项安全措施落实到位。

信息来源：国网河北省电力有限公司