

10 kV 馈线自动化解决方案探讨

张延辉¹, 郑栋梁², 熊伟³

(1. 郑州供电公司, 河南 郑州 450006; 2. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000;
3. 武汉建筑材料工业设计研究院有限公司, 湖北 武汉 430071)

摘要: 10 kV 架空线路覆盖广阔, 跳闸率高。传统馈线方式导致故障隔离时间长、出线开关动作频繁、不能缩短停电区域, 而是通过反复重合停电排除故障。提出的 10 kV 馈线自动化方案通过增设断路器和负荷开关将主干线分为几段, 并配置智能控制器 (FTU), 通过配合减少了出线断路器的跳闸, 在发生故障的架空线路中能自动隔离故障区域, 缩短故障查找的时间, 迅速恢复非故障区域的正常供电。该方案能显著降低馈线出线开关的跳闸次数, 提高重合闸成功率, 有效地提升配网架空线路运行水平。

关键词: 配网自动化; 故障处理; 一体化; 馈线自动化; 智能开关

Discussion of 10 kV feeder automation solutions

ZHANG Yan-hui¹, ZHENG Dong-liang², XIONG Wei³

(1. Zhengzhou Power Supply Company, Zhengzhou 450006, China; 2. XJ Electric Company, Xuchang 461000, China;
3. Wuhan Building Materials Design & Research Institute Company, Wuhan 430071, China)

Abstract: 10 kV overhead line has the character of broad coverage and high trip rate. The traditional feeder always results in long time fault isolation and frequent feeder-outlet switch motion. It can not shorten blackout area, only through reclosing and cutting power supply repeatedly to remove fault. 10 kV feeder automation solutions divide main trunk line into several paragraphs by increasing the numbers of breakers and load switches and dispose FTU. Through compounding, it can reduce outlet breaker trip, isolate faults area automatically, shorten the troubleshooting time and make the non-fault area restore power supply instantly. The solutions can reduce trip times of the feeder-outlet switch significantly, improve success ratio of the reclosing and promote operation level of the net-work overhead line effectively.

Key words: distribution automation; fault disposal; integration; feeder automation; intelligent switches

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)16-0150-03

0 引言

目前 10 kV 架空线路覆盖范围广阔, 跳闸率高, 柱上开关数量严重不足, 这些因素直接导致架空线路所在的农村地区供电可靠率低, 远远低于市中心区的供电可靠性水平, 对供电可靠性水平造成了很大的影响。

传统常用的重合器与电压-时间型分段器配合具有设备配置简单, 隔离故障成功率高的特点^[1], 但具有以下明显的弊端: 1) 每次故障都会导致馈线出线开关跳闸; 2) 不能缩小停电区域, 非故障段也会引起停电; 3) 隔离故障需要馈线出线开关多次分合闸配合, 造成非故障区域的多次重复停电; 4) 隔离故障所需时间长, 需要逐段延时合闸分段负荷开关; 5) 不能实现馈线潮流、开关状况的远方监视控制^[2-3]。

特别是针对架空馈线以自然延伸辐射型为主, 主干线上带有多条分支线, 分支线再延伸出多条小分支线, 线路结构复杂的情况, 而且分支线上的每一次永久或瞬时故障均会引起全条馈线停电, 影响范围较大, 因此传统的电压型馈线自动化模式已不能满足配网实际发展需求, 需要探讨一种功能丰富、适合发展的馈线自动化模式, 这对 10 kV 架空馈线的发展将起到重要作用。

1 馈线自动化保护配置方案(断路器+负荷开关+智能控制器)

本方案涉及的主要设备为馈线出线断路器、主干线分段断路器、主干线分段负荷开关、分支线分界断路器、分支线分界负荷开关、分支线用户分界负荷开关。

(1) 智能柱上断路器

智能柱上断路器是配置自动化控制单元和保护单元的柱上断路器, 满足馈线自动化的要求, 可切断相间短路电流、负荷电流、零序电流。可装设在主干线和分支线上, 配置三相电压或电流互感器、零序电流互感器。可带两种保护配置, 一种配置带时限的过流或速断保护、零序保护, 另一种配置重合闸后加速保护。

(2) 智能柱上负荷开关

智能柱上负荷开关是配置自动化控制单元的柱上负荷开关, 满足馈线自动化的功能要求, 可切断负荷电流、零序电流, 并且可灵活配置电流型或电压型。可装设在主干线或分支线上, 配置三相电压、电流互感器和零序电流互感器。具有有压延时合闸、无压延时分闸等功能, 自动隔离故障区域。

(3) 分支线用户分界断路器

与智能柱上断路器功能一致, 配置了自动化控制器, 具有保护功能, 满足馈线自动化要求, 保护动作整定时间与馈线出线断路器和主干线自动化分段断路器相互配合, 可自动切除用户侧的相间短路和单相接地故障, 不引起上一级线路跳闸。

(4) 馈线自动化智能控制器 (FTU)

馈线自动化智能控制器可与断路器、重合器、负荷开关连接, 可设置多种控制参数, 灵活使用多种通讯方式, 使得柱上开关实现馈线自动化相关功能。控制器可选择配备多种保护功能, 包括配置带时限的过流或速断保护、零序保护、电压时限型、电流时限型控制等模式。

本馈线自动化解决方案的主要思路是用断路器或负荷开关将馈线分成若干区段, 实现对馈线的分段监测、控制, 同时应用线路分段故障隔离技术, 使线路设备保护与变电站保护进行有效地配合。

2 本馈线自动化配置配合的基本原则

本文论述的馈线自动化为避免传统型的缺点, 要遵循以下原则: 一是对馈线进行快速地故障定位、故障隔离、非故障区域供电恢复, 最大限度地减少故障引起的停电范围、缩短故障恢复时间; 二是对配电网正常运行状态进行监控。要减少故障引起的停电范围, 就必须使线路合理分段, 故障时只跳开靠近故障区域的下游开关, 使开关动作引起的停电范围最小。另外, 在进行故障隔离和供电恢复的过程中, 尽量使开关不做不必要的动作, 以减少开关动作次数, 延长开关的使用寿命。

基于此原则, 结合近几年国内架空线路跳闸情况的特点, 本解决方案实现馈线自动化过程中配置的配合要求如下。

(1) 减少变电站出线开关跳闸

馈线出线开关跳闸将影响整条馈线的全部供电区域, 停电影响范围最大。馈线发生相间短路或单相接地故障时, 应通过增设分段断路器和负荷开关的方法, 尽可能在出线开关跳闸之前有效隔离故障区域, 减少出线开关动作次数。

(2) 提高变电站出线开关重合成功率

在 10 kV 架空线路装设自动化开关的线路投入二次重合闸, 满足实施馈线自动化的基本要求。馈线出线开关跳闸后应依靠自动化开关自动切除永久性故障区域, 最终使得重合闸成功, 缩小故障引起的停电范围, 从而大大提高重合闸成功率, 减少故障跳闸次数 (重合闸不成功)。10 kV 馈线故障跳闸率是反映配网运行管理水平的重要指标, 降低此项指标意义非常重大。

(3) 减少靠近电源侧的开关动作次数

靠近电源侧越近的开关, 其跳闸引起的停电范围也越大, 应尽量使靠近电源侧的开关少动作。

(4) 自动隔离用户侧单相接地故障

由于 10 kV 配网是中性点小电阻接地系统, 单相接地故障频繁引起馈线出线开关零序保护动作, 因此采取有效措施避免单相接地故障所引起的跳闸, 在用户出门处设置用户分界负荷开关自动切除单相接地故障。

(5) 控制单元灵活采用多种通信方式, 可上传开关状态信号

馈线自动化开关控制器 (FTU) 应根据需求灵活配置多种通信模块, 开关动作后控制器 (FTU) 可采用无线、载波、光纤等多种通信方式将告警信号上传至后台, 缩短运行人员的故障查找时间。架空线路覆盖范围广阔, 可使用无线通信方式^[3]。

以上为本馈线自动化方案配置配合的基本原则, 下面结合系统图详细说明在上述基本原则基础上对不同故障点故障隔离过程可行性进行简单分析说明。

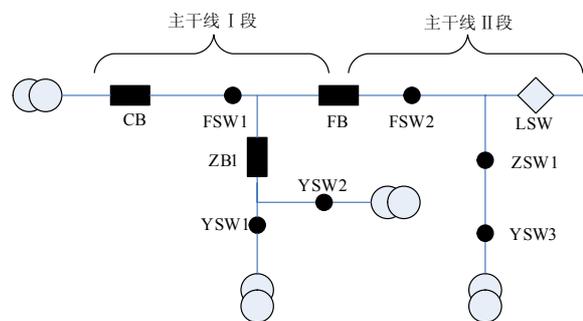


图 1 方案系统配置示意图

Fig.1 System configuration diagram

图 1 中: CB 为带时限保护 (过流:0.30 s, 零序 1.0 s) 和二次重合闸功能的馈线出线断路器; FB 为带时限保护 (过流:0.15 s, 零序 0.6 s) 和二次重合闸功能的主干线分段断路器; FSW1~FSW2 为主干线分段负荷开关; ZSW1 为分支线分界负荷开关; ZB1 为带时限保护 (过流 0.15 s, 零序 0.6 s) 和二次重合闸功能的分支线分界断路器; YSW1~YSW3 为分支线用户分界负荷开关; LSW 为联络开关; 方框表示断路器, 圆圈表示负荷开关。开关填充黑色表示闭合。

3 故障隔离过程

3.1 主干线分段断路器电源侧发生故障 (隔离故障恢复供电所需要时间: 70 s)

FSW1 和 FB 之间发生永久故障, CB 保护动作跳闸, FSW1, FSW2, ZSW1, YSW1~YSW3 在失压后跳闸, CB 在 5 s 后重合闸, FSW1 一侧有压, 延时 5 s 合闸, 由于是永久故障 CB 再次跳闸, FSW1 失压分闸, 并闭锁合闸。CB 在 60 s 后第二次重合闸, FSW1 成功隔离故障, 隔离故障耗时约 70 s。

3.2 主干线分段断路器负荷侧发生永久故障 (隔离故障恢复供电所需要时间: 70 s)

FSW2 和 ZSW1 之间发生永久故障, FB 保护动作跳闸, FSW2、ZSW1、YSW3 在失压后快速跳闸, FB 在 5 s 后重合闸, FSW2 一侧有压, 延时 5 s 合闸, 由于是永久故障 FB 再次跳闸, FSW2 失压分闸, 并闭锁合闸, FB 在 60 s 后第二次重合闸, FSW2 成功隔离故障, 隔离故障耗时约 70 s。

3.3 分支线分界负荷开关负荷侧发生永久故障 (隔离故障恢复供电所需要时间: 75 s)

ZSW1 和 YSW3 之间发生永久故障, FB 保护动作跳闸, FSW2、ZSW1、YSW3 在失压后快速跳闸, FB 在 5 s 后重合闸, FSW2 一侧有压, 延时 5 s 合闸, FSW2 在 3 s 后闭锁分闸, ZSW1 一侧有压, 在延时 5 s 合闸, 由于是永久故障 FB 再次跳闸, ZSW1 分闸并闭锁合闸, FSW2 保持合闸, FB 在 60 s 后第二次重合闸, ZSW1 成功隔离, 隔离故障耗时约 75 s。

3.4 分支线分界断路器负荷侧发生永久故障 (隔离故障恢复供电所需时间: 5 s)

ZB1 与 YSW1/YSW2 之间发生永久故障, ZB1 保护动作跳闸, ZB1 在 5 s 后重合闸, 由于是永久故障, ZB1 再次跳闸并闭锁合闸, ZB1 成功隔离故障, 隔离故障耗时约 5 s。

3.5 分支线用户分界负荷开关用户侧发生永久故障 (隔离故障恢复供电所需时间: 80 s)

用户 YSW3 发生永久故障, 若是相间短路故障,

FB 保护动作跳闸, FSW2、ZSW1、YSW3 在失压后快速分闸。(若是单相接地故障, YSW3 跳闸隔离故障, 其余开关不动作)。FB 在 5 s 后重合闸, FSW2 一侧有压, 延时 5 s 合闸, FSW2 在 3 s 后闭锁分闸, ZSW1 一侧有压, 在延时 5 s 合闸, ZSW1 在 3 s 闭锁分闸, YSW3 一侧有压, 在延时 5 s 后合闸, 由于是永久故障, FB 保护动作跳闸, YSW3 分闸并闭锁合闸, FSW2、ZSW1 保持合闸, FB 在 60 s 后第二次重合闸, YSW3 成功隔离故障, 隔离故障耗时约 80 s。

4 结语

该方案的总体特点如下:

1) 设置主干线分段断路器将主干线分为两段, 如果第二段发生故障主干线分段断路器自动切除避免出现开关跳闸, 与传统馈线比减少了 50% 出线跳闸, 缩小了停电范围, 延长了出线断路器的寿命, 在维修服务等方面带来的经济效益更大。

2) 只有永久性故障发生在出线开关与第一个负荷开关之间才会导致出现开关重合不成功, 其余区域将得到迅速隔离, 跳闸后重合成功, 出线开关重合成功率大幅提高到 90% 以上。

3) 分段负荷开关具有分闸闭锁功能, 减少恢复供电时逐级合闸时间, 用户负荷开关的应用有效隔离用户侧单相接地故障, 减少用户出门事故, 缩短了隔离时间。

4) 无需通讯手段就可隔离故障, 若配合无线通讯功能可以实现远程监控开关状态、故障信号, 实现故障的快速定位。同时可以实时采集监控馈线潮流和开关信息。

目前正在改造的南方电网广泛使用这一解决方案, 前期运行效果良好, 很好提高了配电的可靠性, 缩短了停电时间, 并通过无线的 GPRS 传输能快速定位故障位置并显示故障信息, 方便了事故分析, 大大减少了调度、无人职守站值班员和保修人员的数量及其劳动强度, 做到了减员增效; 由于效率的提高, 社会综合效益也明显提高。

参考文献

[1] 刘健. 配电自动化系统[M]. 北京: 中国水利水电出版社 1998.
 LIU Jian. Distribution automation system[M]. Beijing: China Water Power Press, 1998.
 [2] 王明俊, 于尔铿, 刘广一. 配电系统自动化及其发展[J]. 电网技术, 1996, 20 (12): 62-65.

(下转第 156 页 continued on page 156)

的“三取二”出口逻辑^[3]。

(2) 为每套控制、保护系统配置对应的测量传感器(表记)

根据运行经验,测量传感器或表记异常是造成阀水冷监控系统误动的主要原因之一,因此,为提高控制功能的准确性及保护功能的可靠性,为每套控制系统和保护系统均配置独立的测量传感器(表记)。

(3) 在控制系统中增加测量值监视功能

控制系统中不设置出口功能,但为了防止控制系统对应的测量传感器或表记异常造成控制功能紊乱并最终导致直流输电系统强迫停运,建议设置测量值异常监视功能,监视功能的动作等级分为异常和故障。

监测到某测量值异常时,说明该测量值超出了正常的设定范围,但对水冷系统的控制不会产生明显影响,例如监测到内冷水进水温度偏高,需要增加冷却塔风扇的转速,此时可以提醒运行人员迅速检查。

当监测到某测量值故障时,说明该测量值的异常将对水冷系统的控制产生较严重的影响,例如监测到外冷水池水位低,需要停运喷淋泵,此时如果另一套控制系统备用正常,则切换至备用系统;如果另一套系统不可用,则仍维持由该系统控制阀水冷系统的运行。

4 结语

南方电网各直流输电工程的运行经验证明,阀水冷监控系统的误动是造成直流输电系统强迫停运的重要原因之一,针对阀水冷监控系统部分关键传感器未实现冗余配置、部分参数或定值设置不合理、主处理器抗干扰能力差等问题,运行单位进行了深入研究,并采取了许多反事故措施。

然而,沿自德国西门子公司设计原则的南方电

网阀水冷监控系统,仍存在着控制保护功能未独立实现、保护功能“一取一”出口逻辑可靠性低、未设置测量值异常的监测功能等根本性问题,对此,本文提出了相应的改进建议,不仅可以提高控制、保护功能的可靠性,还可以有效避免测量传感器或表记异常造成控制功能紊乱、最终导致直流输电系统强迫停运的问题;当然,随着阀水冷控制、保护系统、测量元件及相应接线数量的增加,不但造价有所提高,设备元件的可靠性也将有所下降,但总而言之,这一改进措施不仅可以确保阀水冷系统的稳定运行,还可以提高直流输电系统的可靠性,值得在未来直流输电工程改造或实施时借鉴、参考。

参考文献

- [1] 赵畹君. 高压直流输电工程技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [2] 梁家豪,林睿,周翔胜. 天广和贵广直流工程中的阀冷控制系统[J]. 高电压技术, 2006, 32(9): 92-95.
LIANG Jia-hao, LIN Rui, ZHOU Xiang-sheng. Valve-cooling control system applied in Tian-Guang & Gui-Guang DC transmission projects[J]. High Voltage Engineering, 2006, 32(9): 92-95.
- [3] 刘耀,王明新. 高压直流输电系统保护装置冗余配置的可靠性分析[J]. 电网技术, 2008, 32(5): 51-54.
LIU Yao, WANG Ming-xin. Reliability analysis on redundant configuration of protective relays for HVDC power transmission system[J]. Power System Technology, 2008, 32(5): 51-54.

收稿日期: 2009-11-23; 修回日期: 2010-03-27

作者简介:

李爱生(1957-),男,高工,主要从事电力系统运行技术工作;

朱韬析(1980-),男,工程师,目前从事直流输电维护工作. E-mail: taoxi_zhu@hotmail.com

(上接第 152 页 continued from page 152)

WANG Ming-jun, YU Er-keng, LIU Guang-yi. Distribution automation system and its development[J]. Power System Technology, 1996, 20 (12): 62-65.

- [3] 程干江. 智能馈线自动化方案[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(9): 42-44.

CHENG Gan-jiang. An intellectual scheme for pursuance of feeder automation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(9): 42-44.

收稿日期: 2010-06-02

作者简介:

张延辉(1973-),男,硕士,高级工程师,主要从事配电运行、继电保护产品及自动装置的研发工作;

郑栋梁(1982-),男,本科,助工,主要从事继电保护产品及自动装置的研发工作; E-mail: zhengdongliang@xjgc.com

熊伟(1956-)男,大专,高级工程师,主要从事建材行业电气自动化工程设计与研究。