

变电所二次回路设计中的注意事项

王树春, 赵志江

(嘉兴电力局, 浙江 嘉兴 314033)

摘要: 变电所的二次回路是变电所二次系统的重要组成部分, 各种继电保护、自动控制装置离开二次回路就不能正常工作。该文根据现场工作的经历, 总结了几个影响二次设备安全运行典型事例的教训。从回路设计的角度分析了二次回路设计对二次设备安全运行的影响, 提出了一些优化二次回路设计、提高二次回路安全性的具体措施。

关键词: 继电保护; 二次回路; 变电所

中图分类号: TM63 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2006)01-0082-05

0 引言

二次设备是指对一次设备的工作进行监测、控制、调节、保护以及为运行、维护人员提供运行工况或生产指挥信号所需的低压电气设备。由二次设备相互连接, 构成对一次设备进行监测、控制、调节和保护电气回路称为二次回路。二次回路在电力系统的安全运行中起着极其重要的作用。

1 二次回路安全性对运行、检修的影响^[2~6]

二次回路的安全性包括两个方面: 第一, 二次回路的设计安全性。指二次回路设计完成之后固有的安全性; 第二, 二次回路的使用安全性。指二次回路受检修、运行状况影响的安全性。本文中主要讨论二次回路设计安全性对变电所二次设备运行、检修的影响。

1.1 二次回路设计不符合运行要求

500 kV 王店变 #2 主变 220 kV 距离保护的 PT 失压闭锁回路如图 1 所示。图中 ZKK1、ZKK2 分别为正、副母段压变二次空开动合接点。3Gabc、4Gabc 分别由正、副母段压变闸刀三相动合辅助接点串联而成。20621abc、26022abc 分别由 #2 主变正、副母闸刀三相动合辅助接点串联而成。26026abc 为 #2 主变 220 kV 主变闸刀三相动合辅助接点串联而成。R2+ 为 #2 主变 220 kV 后备距离保护开关量电源。

在进行正母段压变改检修时压变二次并列操作过程中 (ZKK1 动作, 3G 压变闸刀还未拉开, 3Gabc 闭合), 出现了 #2 主变 220 kV 距离保护失压闭锁告警信号。

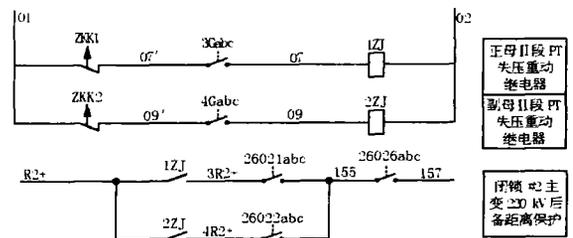


图 1 #2 主变 220 kV 距离保护失压闭锁原理图

Fig 1 Loss-of-voltage blocking of #2 main power transformer 220 kV distance relay

在该二次回路设计时没有充分考虑运行操作的要求, 造成了保护的误闭锁。在闭锁回路中增加一块投入压板 LP3 (如图 2 所示)。当压变停役操作时将压板取下, 当压变改检修后 (此时压变闸刀 3G 已拉开, 3Gabc 断开), 就不会出现误闭锁保护的现象。

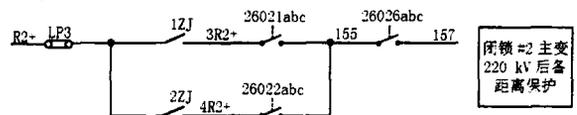


图 2 改进后的距离保护失压闭锁原理图

Fig 2 Improved loss-of-voltage blocking for distance relay

1.2 继电器选择和布置存在隐患

2002 年 6 月, 500 kV 王店变在一期工程启动投产过程中, 运行人员在进行 #2 主变 220 kV 距离保护改定值操作时, 发现 #2 主变 500 kV 过励磁保护出口重动继电器“24BX”处于半掉牌状态, 便试图通过继电器上的“RESET”按钮对此继电器进行复归。在此过程中, 误按与“RESET”按钮邻近的“TEST”按钮, 造成 #2 主变三侧开关跳闸。

如果仔细分析这次事故的原因, 我们发现二次

设计上存在隐患。首先,在出口继电器的选型不合适。#2主变 500 kV 过励磁保护出口重动继电器采用的是与信号继电器相同型号的继电器。该型号继电器带有试验按钮和复归按钮,二者相距很近,在视觉上很容易造成失误;其次,#2主变 500 kV 过励磁保护出口回路设计上存在缺陷。#2主变 500 kV 过励磁保护出口重动继电器的出口接点未经出口压板控制,不论过励磁保护投入与否,只要该继电器动作(或触动“TEST”按钮),#2主变三侧开关就会跳闸。第三,#2主变 500 kV 过励磁保护出口重动继电器布置上存在隐患。该出口重动继电器安装在保护屏最下面一排,其余均为信号继电器,只有这一个用于过励磁保护的出口重动继电器。并且没有明显的标志与其它信号继电器区别,极易引起混淆。

1.3 联跳回路没有合理设置检修隔离点

2004年11月,在500 kV 双龙变进行#1主变5031、5032开关保护校验工作中,当继保人员在做5032开关失灵保护整组回路试验时,发生误碰事故。

5032开关失灵保护启动母差回路示意图如图3所示。工作人员在做安全措施时,将端子排上连接片拆开(图3中A处),端子排用绝缘胶带封好。在保护屏后端子排处用万用表进行保护接点回路检查时,需要在保护屏C111、C112端子内侧进行测量,因此取下覆盖在该端子上的绝缘胶带,结果误量至保护屏C111、C112端子的外侧时,由于万用表与失灵启动母差回路构成通路,导致失灵启动500 kV母B组母差保护总出口,由500 kV母B组母差保护直接跳开500 kV母上所有开关。

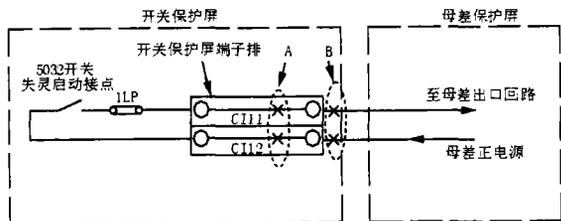


图3 5032开关失灵保护启动母差回路示意图

Fig 3 Schematic diagram for initializing bus bar protection by 5032 BFP

对于类似图3中联跳回路的情况,作者在工作中做安全措施时一般是在图3中B处将电缆拆开包好。但是,这种做安全措施的方法在现场实施可能会存在一定的难度。一方面,在拆开电缆芯时存在误碰的可能性;另一方面,端子、电缆可能布置得过于紧凑而很难拆开。作者认为最佳的解决方案是

在类似回路的输入端增加一块压板 2LP,如图4所示。我们在500 kV王店变二期扩建时对500 kV开关失灵保护启动500 kV母差回路就采用了这种方案,大大降低了开关保护检修工作中发生误碰事故的风险。

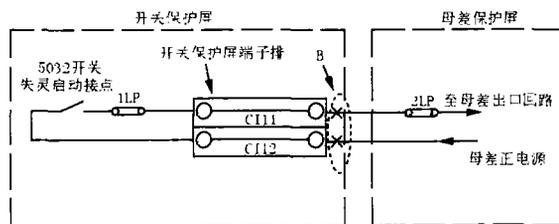


图4 改进后的5032开关失灵保护启动母差回路

Fig 4 Improved schematic diagram for initializing bus bar protection by 5032 BFP

1.4 设计图纸中未标明 CT、PT极性导致零序方向保护极性接反拒动

2000年3月,220 kV 禾城变 110 kV 线路故障后线路保护拒动,#1、#2主变 110 kV 零序方向过流保护因极性接反拒动,导致事故扩大。

禾城变#2主变保护是1998年1月安装投产的。当时施工图上没有标明CT、PT的极性,施工人员就按照个人的理解将110 kV零序方向过流保护按线路零序过流方向保护的极性进行接线。如果当时的设计图纸中能够将CT、PT和功率方向继电器极性标明的话,就可以及时发现接线错误,避免此类事故的发生。

1.5 电压回路接线设计、施工不当引起电压回路短路

2003年1月,在110 kV 嘉兴变低周减载装置校验做安全措施时电压回路接地短路导致10 kV 压变空气开关动作后引起10 kV 电容器低电压保护动作跳闸。低周减载装置电压回路示意图如图5所示。

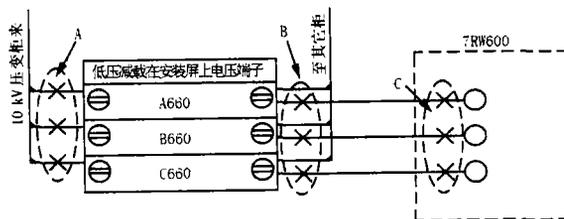


图5 低周减载电压回路示意图

Fig 5 Schematic diagram of voltage supply for under-frequency load-shedding equipment

由于低周减载装置的交流电压回路没有装设屏顶小母线,并且存在电压转供,为了避免影响其它设

备,只能在 C 处拆开。而低周减载装置的空间布置比较紧凑,检修人员在拆开 C 处端子时,端子碰到装置外壳引起电压回路短路,导致压变空开动作。该设计中主要存在两个问题:1)电压转接端子没有单独成组排列;2)低周装置的电压没有经空开或熔丝保护。正确的设计应该如图 6 所示。

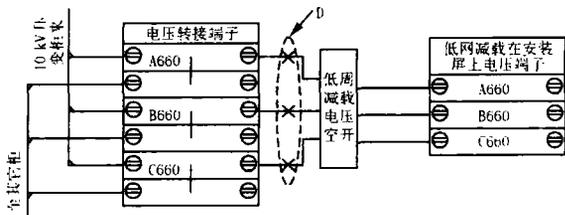


图 6 正确的电压回路设计

Fig 6 Correct design of voltage supply

2 二次回路设计、施工中容易忽视的问题^[7~11]

纵观近年来的继电保护事故,其中有相当大一部分是二次回路上出的问题。深入分析这些事故后都可以发现,如果设计或施工阶段对这些二次回路略作优化,那么这些继电保护事故是可以防止的。作者总结了二次回路设计、施工中容易忽略的问题,供广大继电保护同行们参考。

2.1 二次接线及相关设备的布置

二次回路的隔离点起着控制二次设备的投、退的作用,在必要时可以实现二次回路的可靠隔离。对于一些重要的回路,如保护的闭锁量输入、开关失灵保护启动母差、开关失灵保护启动远跳(或跳相邻开关)、集中式低周减载装置的跳闸出口、线路(主变)过载联切负荷装置的跳闸出口等,应在输入端设置一个隔离点。合理设置二次回路的隔离点有利于提高二次设备运行、检修工作的安全性。

端子排是二次回路中重要的一环。端子排的配置和布置也应满足运行、检修、调试的要求。a 跳(合)闸端子和正电源端子之间要用一个空端子隔开。这一条在采用国外进口的保护时往往被忽视。因此,作者认为在设计联络会上不应只关注保护装置的应用,还应该明确保护装置的组屏和端子排布置。b 屏顶不装设小母线时(主要是一些进口保护),用以代替小母线作用的端子排宜单独成组排列。c 端子上每个接线柱接线宜只接一根导线,导线截面不宜超过 6 mm^2 。采用插接式端子时,绝不允许不同线径的导线接在同一个接线柱内。如果存在公共连接点,应按图 6 中方案处理,并且公共连接

点应留有足够的备用端子。导线截面如确需超过 6 mm^2 ,应采用多根导线并联接于多个端子的方式。d 安装在屏上的端子距地不宜低于 350 mm 。应留出足够的空间供电缆分线,便于施工、检查和检修工作中做安全措施。

二次回路是通过二次电缆连接的,二次电缆布置对二次回路安全性也有重要影响。双重化保护的两套保护是两个互相独立的保护单元,它们的电流回路、电压回路、直流电源、控制回路都应独立,两套保护不应共用二次电缆。在二次接线设计中应尽量避免电缆的转接,以简化电缆的连接。

不同类型的继电器(如出口中间继电器、信号继电器等)在保护屏上应集中布置,一些需要经常检查、检修的继电器应尽量布置在屏的中部。出口中间继电器应有醒目的标志与其它继电器区分。

2.2 二次回路中设备的选择

二次回路中设备的选择对二次回路的安全性也有很大的影响。二次回路中设备的选择应该注意两点:a 所选设备的质量是否可靠;b 所选设备的参数是否合适。

出口中间继电器应选用不易“误碰”的继电器,不宜选用带试验按钮的继电器,并且应与同屏其他继电器明显区别。跳、合闸继电器、电流启动电压保持的防跳继电器以及自动重合闸出口中间继电器和其串联的信号继电器的选择应满足:a 电压线圈的额定电压可等于供电母线额定电压;如用较低电压的继电器串接电阻降压时,继电器线圈上的压降应等于继电器电压线圈的额定电压;串联电阻的一端应接负电源。b 额定电压工况下,电流线圈的额定电流的选择,应与跳合闸线圈或合闸接触器线圈的额定电流相配合,继电器电流自保持线圈的额定电流不宜大于跳、合闸线圈额定电流的 50% ,并保证串联信号继电器电流灵敏度不低于 1.4 。c 跳、合闸中间继电器电流自保持线圈的电压降应不大于额定电压的 5% ;电流启动电压保持“防跳”继电器的电流启动线圈的电压降应不大于额定电压的 10% 。其中第二条最容易被忽视,尤其在一些技改工程中。

$330 \sim 500 \text{ kV}$ 变电所的控制电缆宜采用 $0.63/1 \text{ kV}$ 级的绝缘水平。用于集成电路型、微机型保护的电流、电压和信号接点引入线,应采用屏蔽电缆,屏蔽层在开关场与控制室同时接地。作者认为与继电保护相关的通信系统的电缆和屏、柜也应可靠接地(如 500 kV 线路保护的专用载波机与保护装置之间的连接电缆)。由于通信和继电保护属于不同的专

业,这点在施工和竣工验收中很容易被忽略,应当引起足够的重视。

端子排应选用由阻燃材料构成且导电部分为铜质的产品,不应选用导电部分为铁质的端子排,如果在户外使用应采用防潮能力较好的产品。作者在500 kV王店变的检修工作中深切体会到端子排选择的重要性,总结了几点经验教训与同行共享:a 联跳回路推荐采用 Phoenix的刀闸分断端子 MTK。王店变的 ABB 光纤纵差保护 REL561组屏时,就采用了 MTK型刀闸分断端子,做二次隔离措施非常方便,效果很好。b 有公共连接点的端子推荐采用 Phoenix的双进双出端子 UDK。c 尽量不要采用两层及以上的端子。会给安装接线和检修带来很大的不便(电缆芯布置过于紧密,导致二次安全措施难做,容易发生误碰事故)。

微型断路器(俗称空气开关)在二次回路中得到越来越广泛的应用。目前有些二次设计中往往只注意空气开关的额定电流选择而忽视了时间/电流脱扣特性曲线所带来的级间的选择性,级与级间应选用同一种类脱扣特性的微型断路器,注意级间额定电流与动作电流的组配。如果要在直流回路中采用交流空开,应注意空开动作电流的变动和绝缘是否满足要求,具体可查阅有关产品手册。

2.3 影响二次回路安全性的设计、施工习惯

目前有许多设计单位在设计图纸只画方框图,而不把方框图中的内容画出来,这样的图纸可读性就很差,而且一旦设计中有错误也很难发现,往往在整组传动时才能发现,影响施工质量。

在许多施工图中,都不标明 CT、PT或保护的极性。如果安装时接反了,就只能靠带负荷试验来发现。一旦带负荷试验中没有发现的话,很可能只有在保护误动或拒动时才能发现。

很多设计人员对回路编号很不重视,而回路编号对国内的继电保护检修人员来说又非常重要。良好的回路编号会对继电保护检修工作的安全性有很大的帮助。

作者在实际工作中发现有些施工单位为了电缆布置美观而把不同电缆中的电缆芯绑扎在一起,这种做法是不可取的。它最大的危害是会给查线、检修造成误导,甚至酿成事故。

3 结束语

由于体制的变化和电力建设工程的大量开展,导致了二次图纸质量的下降,提高图纸设计质量已

经是一项刻不容缓的工作。设计、安装、运行、检修应该积极配合,在设计阶段严把审查关、在施工阶段严把安装调试关、在验收阶段严把竣工验收关,减少继电保护事故。

参考文献:

- [1] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护实用技术问答 [M]. 北京:中国电力出版社, 2001.
State Power Dispatching and Communication Center. Practical Technology on Relaying Protection of Electric Power System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2001.
- [2] 邹森元. 《电力系统继电保护及安全自动装置反事故措施要点》条例分析 [M]. 沈阳:白山出版社, 2000.
ZOU Sen-yuan. Explanations on Ordinance of Outline for Countermeasures Against Accidents of Power System Protection and Security Automatic Equipment [M]. Shenyang: Baishan Press, 2000.
- [3] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护典型故障分析 [M]. 北京:中国电力出版社, 2000.
State Power Dispatching and Communication Center. Typical Failure Analysis of Relaying Protection of Electric Power System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [4] 苏文博,李鹏博,张高峰. 继电保护事故处理技术与实例 [M]. 北京:中国电力出版社, 2002.
SU Wen-bo, LI Peng-bo, ZHANG Gao-feng. Technique and Examples for Handling Failures of Protective Relays [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.
- [5] 嘉兴电力局. 嘉兴电力局典型事故(事件)汇编 [Z]. 嘉兴:嘉兴电力局, 2004.
Jiaxing Electric Power Bureau. Jiaxing Electric Power Bureau Accident Compilation [Z]. Jiaxing: Jiaxing Electric Power Bureau, 2004.
- [6] 连理枝. 交流断路器用于直流电路和高频电路的有关问题分析 [J]. 机电工程, 2000, 17(2): 47-49.
LIAN Li-zhi. Some Question of AC Breaker for Use in DC and High Frequency Circuit [J]. Mechanical and Electrical Engineering Magazine, 2000, 17(2): 47-49.
- [7] GB 14285-93, 继电保护和安全自动装置技术规程 [S].
GB 14285-93, Technical Code for Relaying Protection and Security Automatic Equipment [S].
- [8] DL/T 5136-2001, 火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程 [S].
DL/T 5136-2001, Technical Code for Designing of Electrical Secondary Wiring in Fossil Fuel Power Plants and Substations [S].
- [9] GB 50171-92, 电气装置安装工程盘、柜及二次回路结

线施工及验收规范 [S].

GB 50171-92, Code for Construction and Acceptance of Switchboard Outfit Complete Cubicle and Secondary Circuit Electric Equipment Installation Engineering[S].

[10] DL/T 5149-2001, 220 ~ 500 kV 变电所计算机监控系统设计技术规程 [S].

DL/T 5149-2001, Technical Code for Designing Computerized Monitoring and Control System of 220 ~ 500 kV Substations[S].

[11] IEEE Power System Relaying Committee Relay Trip Circuit Design Working Group. Relay Trip Circuit Design

[Z]. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc , 1999.

收稿日期: 2005-06-01; 修回日期: 2005-07-18

作者简介:

王树春 (1977 -),男,硕士,工程师,从事继电保护检修工作; E-mail: wscy2k@sina.com.cn

赵志江 (1963 -),男,助理工程师,从事变电站设备检修管理工作。

Attentions on design of secondary circuits in substations

WANG Shu-chun, ZHAO Zhi-jiang

(Jiaxing Electric Power Bureau, Jiaxing 314033, China)

Abstract: Secondary circuits are indispensable in substations. No relays and automatic devices can work properly without secondary circuits. This paper summarizes some typical examples of affecting regular service of relays by defective design of secondary circuits. This paper also presents some optimizing measures to improve security of secondary circuits.

Key words: relay protection; secondary circuit; substation

(上接第 81 页 continued from page 81)

[4] 周颖英,等. 基于日周期多点外推法的超短期负荷预测及误差分析 [J]. 电力自动化设备, 2005, 25 (2): 16-17.

ZHOU Jie-ying, et al Very Short Term Load Forecast Based on Multi-sample Extrapolation and Error Analysis [J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25 (2): 16-17.

收稿日期: 2005-04-30; 修回日期: 2005-07-19

作者简介:

姚诸香 (1967 -),男,高级工程师,长期从事 EMS 系统高级应用软件的研究、维护和开发工作; E-mail: zx_yao@tom.com

左玉华 (1972 -),女,高级工程师,从事生产技术管理工作;

刘吉龙 (1969 -),男,高级工程师,从事生产技术管理工作。

A novel real time economical dispatch algorithm and its implementation

YAO Zhu-xiang¹, ZUO Yu-hua², LU Ji-bing²

(1. Jiangxi Electric Power Dispatching Center, Nanchang 330029, China;

2. Liaocheng Power Supply Bureau, Liaocheng 252000, China)

Abstract: A novel real time economical dispatch algorithm is presented in this paper. The method described has been implemented to update the daily generation schedule in real time for a provincial power grid. Minimal cost of operation is chosen as the objective function to balance the system load and generation, considering security constraints of units and power system. The implementation displays an impressive performance in speed and robustness, as well as verifies the advantage in convergence and practicality.

Key words: economical dispatch; operation cost; very short term load forecast; generation redistribution