

500 kV 线路保护升级改造安全防范措施

姚莉娜¹, 刘华², 张斌², 周亚辉², 贾炜², 张新旺², 张强²

(1. 郑州轻工业学院, 河南 郑州 450002; 2. 河南送变电建设公司, 河南 郑州 450051)

摘要: 500 kV 超高压电网保护配置复杂, 进行线路保护升级改造和更换涉及多个运行设备和相应的二次线。结合近几年 500 kV 线路保护升级改造和更换的经验, 分析了其中存在的各种危险点, 制定了封贴运行端子排、退出保护压板、断开直流屏保护装置电源等安全防护措施, 防止了改造中直流接地、短路、误启动失灵回路跳运行线路、主变或母线的发生, 保证了 500 kV 线路保护升级改造工作的顺利进行, 收到了良好的效果, 对今后进行类似的工作具有重要的指导意义。

关键词: 500 kV 超高压电网; 3/2 接线; 线路保护; 升级改造; 二次线

The security precautions in the 500 kV transmission line protection upgrading and replacing

YAO Li-na¹, LIU Hua², ZHANG Bin², ZHOU Ya-hui², JIA Wei², ZHANG Xin-wang², ZHANG Qiang²

(1. Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China;

2. Henan Electric Power Transmission and Transformation Construction Corporation, Zhengzhou 450051, China)

Abstract: The protective devices of the 500 kV EHV grid are very complex. The upgrading and changing of line protection involve many running equipments and the corresponding secondary lines. Based on the experience of the 500 kV line protection upgrading and changing in the past few years, the danger in it is analyzed. The security precautions of sealing running terminal block, exiting protection board, disconnecting the power of protection device in the DC screen, etc, are made. The DC ground, short circuit and false startup failure protection jumping running lines, transformer and bus are avoided. The upgrading and changing of 500 kV line protection are ensured to go well. The discussion is of important significance for the future similar work.

Key words: 500 kV EHV power grid; the 3/2 main electrical connection; transmission line protection; upgrade and change; secondary line

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)22-0220-04

0 引言

近年来,随着一大批新建 500 kV 变电站陆续投入运行,河南 500 kV 电网迅速发展,已成为河南电网的主网架,在国家电网南北互供、西电东输跨区联网中占据重要位置。对于一座新建 500 kV 变电站,当运行线路 π 接入后,原运行线路两端的变电站为适应新建变电站的保护,通常会进行线路升级改造和更换,例如 2009 年 7 月在 500 kV 官渡变电站 π 接入 500 kV 郑州变—祥符变输变电工程中,根据 500 kV 官渡变电站的保护配置情况,对 500 kV 郑州变和祥符变的线路保护进行了相应的升级改造和更换;2009 年 6 月为配合特高压南阳变 π 接入 500 kV 香山变和白河变,对 500 kV 白河变电站进行了 500 kV 配串调整,新上#1 主变进线接入第 5 串,姚孟电厂出线由第 5 串调至第 3 串,相应的线路保护装置在站内进行搬迁并且进行升级改

造,其中线路高频保护升级改造为光纤差动保护。除此之外,随着技术的进步和保护装置的不断更新,线路保护升级改造工作也在技改、检修工作中经常遇到^[1]。

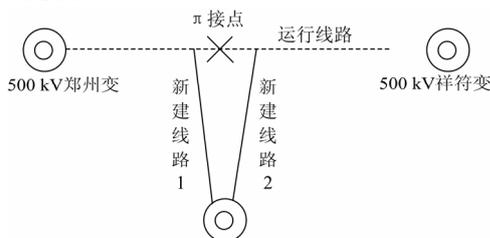
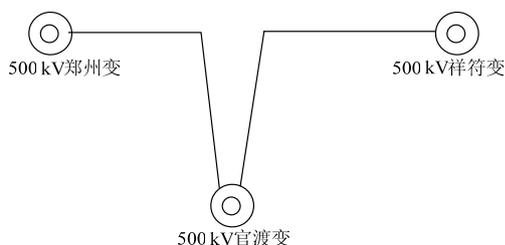
在线路保护升级改造和更换中,由于 500 kV 一次设备采用 3/2 接线,一条线路两套主保护(含两套远跳保护)往往涉及到两套断路器保护和母差失灵保护,还牵扯到两套断路器测控装置、一套线路测控装置和一套录波装置,需进行移出旧保护屏、拆除旧二次线、重新接线等多种工作,因此存在许多的危险点,需采取相应的措施才能保证安全顺利地进行^[2]。

1 500 kV 线路保护升级改造和更换危险点分析

1.1 500 kV 线路保护升级改造和更换介绍

以 500 kV 官渡变电站 π 接入 500 kV 郑州变—

祥符变输变电工程为例, π 接入系统联系见图 1, 其中虚线为郑州变与祥符变间的运行线路, 新建官渡变电站后, 运行线路停运从 π 接点断开, 经新建线路 1 和新建线路 2 分别接入官渡变电站; π 接入后三站系统联系见图 2, 此时为配合郑州变—官渡变、祥符变—官渡变之间的新线路投运, 郑州变和祥符变的两套旧线路保护装置需退出运行, 并进行升级改造和更换。

图 1 500 kV 系统 π 接Fig. 1 The 500 kV system π connection图 2 π 接入后系统联系Fig. 2 The system contact after π connection

1.2 500 kV 线路保护升级改造和更换危险点分析

以祥符变 500 kV 线路保护升级改造和更换为例, 图 3 为祥符变 500 kV 主接线, 其中 5031 和 5032 断路器断开停运, 线路 π 接后为配合祥官线投运, 祥符变内原先配置在郑祥线的两套线路保护装置需退出运行, 升级改造和更换为新的保护装置, 在改

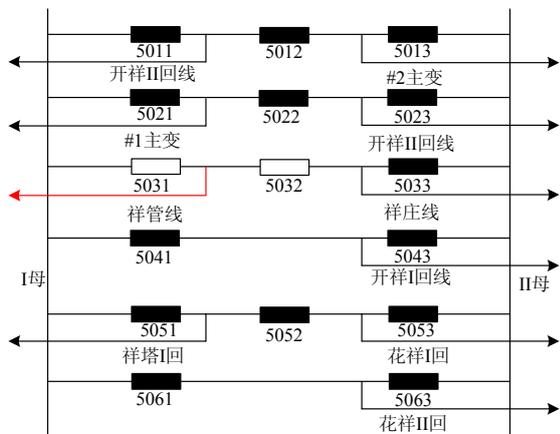


图 3 500 kV 祥符变主接线图

Fig. 3 The main electrical connection of 500 kV Xiangfu substation

造过程中存在的危险点分析如下:

1.2.1 电源短路

线路保护升级改造和更换中, 在旧保护屏退出前, 首先要断掉保护装置的直流 110 V 电源、打印机及屏内照明的 220 V 交流电源, 然后才能拆除电缆和相应的二次线, 如直流电源断不彻底就会造成电源短路、直流接地, 从而危及运行设备安全; 交流电源断不彻底在拆线时可能会危及人员安全; 对于一些保护硬节点信号, 由于其信号公共端 J701 (正电 110 V) 由测控装置提供, 所以若断不彻底也会造成直流接地等故障。

1.2.2 误跳运行断路器

以图 3 为例, 对于 5031 边断路器和 5032 中断路器, 其断路器保护内都配置有失灵启动回路, 具体如图 4 和图 5 所示。当边断路器 5031 失灵时, 启动 I 母母线差动保护, 跳开 I 母线上运行的所有边断路器, 即 5011、5021、5041、5051、5061, 从而使 I 母停运; 当中断路器 5032 失灵时, 启动失灵保护跳开运行边断路器 5033, 与此同时发出远跳信息使对端变电站断路器跳开^[3]。因此在旧线路保护退出和升级更换过程中, 牵扯到 5031 和 5032 断路器保护的二次线拆除、重新接线要有相应的防止失灵启动措施, 否则就有可能造成跳运行母线、主变、线路、断路器等严重后果, 从而对经济社会发展造成严重后果^[4]。

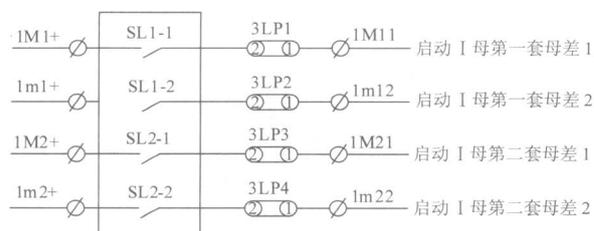


图 4 边断路器失灵启动母差回路

Fig. 4 The circuit of edge circuit breaker failure starting busbar differential protection

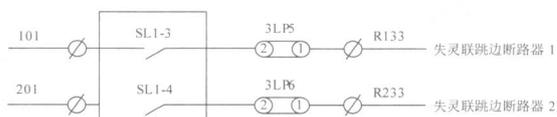


图 5 中断路器失灵联跳边断路器回路

Fig. 5 The circuit of middle circuit breaker failure jumping edge circuit breaker

1.2.3 旧保护屏退出时震动危机运行屏柜

在旧保护退出时, 由于其屏柜已通过螺栓与运行屏柜进行了无缝连接, 所以在退出时如出现震动、左右摇摆碰触运行屏等情况, 就有可能使运行屏柜

内的装置插件、二次线等接触不良或松动，从而造成跳闸停电等恶性事故。

1.2.4 保护升级改造后 CT 二次回路检查误跳运行线路

线路保护升级改造更换后，必须进行 CT 二次回路检查，防止 CT 回路开路；由于断路器 5032 有两组参与运行线路保护，如果在 CT 二次回路检查中方法不正确就会误跳运行线路，从而造成严重后果^[5]。

1.2.5 保护升级改造后 PT 二次回路接线错误

线路保护升级改造后，线路 PT 二次回路要重新接入（见图 6），如接线错误有可能引起线路 PT 二次侧短路，从而造成 PT 烧坏。

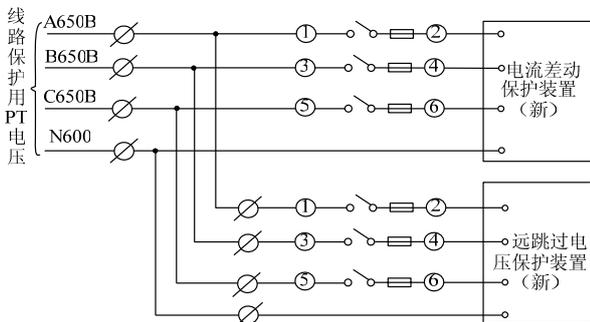


图 6 线路保护 PT 二次回路接线

Fig.6 The secondary circuit of transmission line protection PT

2 500 kV 保护升级改造的危险防范措施

2.1 电源短路的防范措施

为了防止电源短路，在线路保护屏退出运行，拆除二次线和更换新保护屏恢复二次线过程中，必须使保护屏与外界电源完全隔离，使所有涉及线路保护的二次回路断电，除此之外还应断掉打印机等的交流电源，需采取的措施如下^[6]：

1) 断开两套线路保护屏中的装置电源，即拉开图 7 所示的空气开关 1K 和 2K，除此之外为拆除外接二次电源线，应从根部完全断掉直流电，即从直流屏处断掉直流电源，拉开空气开关 3K，这样就可以避免拆线和接线过程中出现直流接地、短路等故障，同时也可以保证作业人员的安全。

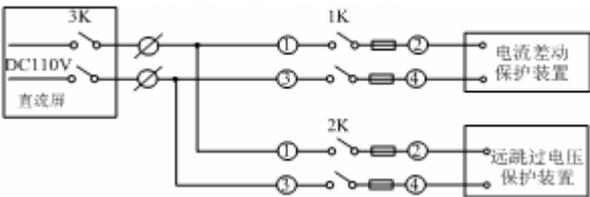


图 7 保护装置直流电源

Fig.7 The DC of protective device

2) 与措施 1 类似，在直流屏从根部断开边断路器 5031 和中断路器 5032 的保护装置电源，除此之外，由于线路保护跳闸回路的正电公共端 101 和 201 位于断路器保护屏的操作箱（见图 8），所以还应从直流屏处分别断开边断路器 5031 和中断路器 5032 的两路操作电源。

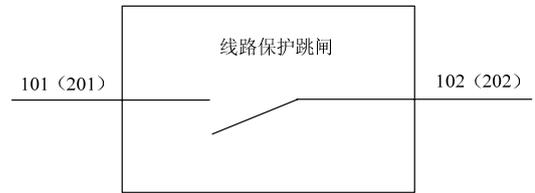


图 8 线路保护跳闸回路接线

Fig.8 The jumping circuit of transmission line protection

3) 对于线路保护的硬节点信号，由于其回路正电源公共端 J701 位于线路测控装置，所以应在线路测控屏断开停运线路测控装置的信号电源。

4) 为断开线路保护屏内打印机等使用的交流电源，应临时拆除保护屏顶的 220 V 交流小母线，以便于线路保护屏安全退出。

2.2 误跳运行断路器的防范措施

在线路保护升级改造和更换中，为防止误跳运行断路器，常规做法是在断路器保护屏上拆除边断路器 5031 失灵启动母线差动保护回路以及中断路器 5032 失灵启动边断路器 5033 和远跳运行线路回路，但是这一做法存在很大的弊端，因为拆除以上回路时有可能拆错，造成运行线路失灵启动该动作时不动作；除此之外在恢复以上回路二次线时，由于端子接线位置相距很近，所以一不留神就可能造成线芯碰触，从而启动失灵回路产生误跳运行断路器、误跳运行线路和变压器的事故。

基于以上分析，在线路保护升级改造和更换中，应尽量不拆除失灵启动回路二次线，而应采取以下措施：

1) 为防止边断路器 5031 失灵启动母线差动保护，在边断路器 5031 保护屏上进行拆除二次线和重新接线过程中，应用胶带粘住 5031 失灵启动母线差动保护边端子排，防止误碰触失灵启动回路和误拆失灵启动回路，即图 5 中 1M1+、1m1+、1M2+、1m2+、1M11、1m12、1M21、1m22 对应的接线端子；除此之外应退出“5031 失灵启动母线差动保护压板”，即图 4 中的 3LP1、3LP2、3LP3、3LP4，使失灵启动母线差动保护回路断开，为防止作业人员误投压板，应用胶带把压板粘住，并在压板明显的位置注明“保护升级改造期间禁止投入”。

2) 为防止中断路器 5032 失灵联跳边断路器

5033,在中断路器 5032 保护屏上进行拆除二次线和重新接线过程中,应用胶带粘住 5032 失灵联跳边开关端子排,即图 5 中 101、R133、201、R233 对应的接线端子;除此之外,应退出“5032 失灵联跳 5033 压板”,即图 5 中的 3LP5、3LP6,使失灵联跳回路断开,为防止作业人员误投压板,还应用胶带把压板粘住,并在压板明显的位置注明“保护升级改造期间禁止投入”。

3) 为防止中断路器 5032 失灵启动线路远跳,从而使对端变电站断路器动作跳开运行线路,即图 3 中祥庄线,在中断路器 5032 保护屏上进行拆除二次线和重新接线过程中,应用胶带粘住 5032 失灵启动远跳运行线路端子排,即图 9 中 FX1+、FX1-、FX2-、FX2 对应的接线端子;除此之外,应退出“5032 远跳运行线路压板”,即图 9 中的 3LP6、3LP7,使失灵远跳回路断开,为防止作业人员误投压板,还应用胶带把压板粘住,并在压板明显的位置注明“保护升级改造期间禁止投入”。

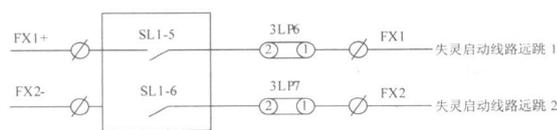


图 9 失灵启动线路远跳回路

Fig.9 The circuit of failure starting transmission line remote trip

2.3 CT 二次回路检查的防范措施

为防止 CT 二次回路开路,在线路保护升级改造中,应尽量减少 CT 回路的改接线,尽量采用旧电缆减少拆线和接线;在 CT 二次回路检查中,为防止误碰运行线路保护用 CT 造成线路跳闸,CT 二次回路检查最好不要在户外端子箱进行,而应尽量在线路保护屏进行,可通过万用表量电阻大小的方法就可以判断 CT 及其二次回路是否开路。

如图 10 所示,在保护屏处,打开每一相电流端子的连片 LP1,用万用表测量 LP1 两端的电阻 Z , $Z=Z_1+Z_2+Z_3$, 其中: Z_1 为二次回路电缆电阻, Z_2 为保护装置电阻, Z_3 为 CT 电阻。如果电阻在 10Ω 以下,则说明 CT 没有开路,如果电阻值很大,就要

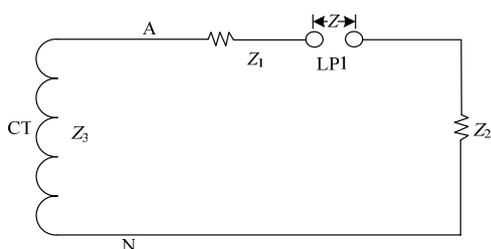


图 10 CT 开路的检查方法

Fig.10 The CT disconnection checking method

考虑分析 CT 及其二次回路是否开路^[7]。

需要强调的是,在检查完以后,务必要恢复连片,否则就会造成 CT 开路。

2.4 二次拆接线错误的防范措施

为保证二次拆线的准确无误,在作业前应注意以下几点:(1)要认真编写作业指导书,拆线时应认真核对图纸,并严格按照作业指导书进行拆线,在情况不明、工作目的不清的情况下,严禁进行任何拆线工作;(2)拆线时应确认无误并经监护人检查后方可进行,与此同时应做好相应的记录;(3)对于交直流回路,在断掉电源后要仔细验电,确认无电后才能进行拆线,以防止造成人身伤害;

(4)二次短引线在拆除和接线过程中,应确认端子编号正确,防止直流接地或短路,严防误跳运行中的断路器;(5)为保证二次线的正确恢复,在拆线时应用绝缘胶带缠紧线芯,以防止电缆线芯号头脱落,如出现号头脱落的线芯,一定要经过认真校线后才能接入;除此之外,在恢复二次线时应采用电动螺丝刀拧紧以防止 CT 二次回路开路、PT 二次回路短路。

在保护屏柜退出和更换过程中,为防止震动应禁止采用敲击、左右摇晃等方法,可采用整体倾斜放置在气垫搬运装置上拆除的方法;在更换新屏柜过程中,为防止新屏柜中的保护装置震动受损,应对屏柜内的保护装置加装塑料泡沫进行保护。

3 结论

随着技术的不断更新换代,变电站的保护更换工作会经常进行,500 kV 线路保护升级改造由于涉及的二次回路复杂,因此存在许多的危险点。本文针对这一问题进行了讨论,并制定了相应的措施。这些措施已多次在省内 500 kV 变电站技改、检修、扩建施工中广泛应用,收到了良好的效果,对于今后从事类似的工作也具有较高的参考价值 and 一定的指导意义。

参考文献

- [1] 国家电力调度中心. 电力系统继电保护实用技术问答[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
State Power Dispatch Communication Center of China. The applied technology of power system relay protection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1999.
- [2] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1991.
HE Jia-li, SONG Cong-ju. Theory of power system relay protection[M]. Beijing: China Hydraulic and Electric Power Press, 1991.

(下转第 226 页 continued on page 226)

2.2 自备电厂自动装置的整定

在 110 kV 线路 L1、L2 故障跳闸，频率和电压低于一定值时应要求自备电厂能可靠解列，因此应在自备电厂 6 kV 并网线路电厂侧安装低频低压解列装置。

2.2.1 低频定值

当 110 kV 线路 L1(L2)故障，系统侧开关 1DL1 (2DL1) 跳开后，自备电厂带 110 kV 变电站负荷，此时由于孤立系统将有较大功率缺额，频率降低，引起 110 kV 变电站馈线低频减载装置动作。低频定值的整定应保证低频解列装置先于负荷线路的低频减载装置动作，还要躲过系统正常运行时的频率波动。根据规程规定和电网运行经验，频率定值一般整定为 48~49 Hz，时间定值取 0.2~0.5 s。

2.2.2 低压定值

低电压定值按保证解列范围有足够的灵敏系数整定，一般整定为额定运行电压的 0.6~0.8 倍。为确保变电站其他 6 kV 线路故障引起系统电压降低时，不会造成低压解列装置误动作，动作时限应躲过本母线 6 kV 线路有灵敏度的保护段（一般为 II 段）时限，即比有灵敏度保护段时限长一个时间级差 Δt ，对微机保护，此时限一般不大于 1.5 s。

3 结束语

自备电厂的并网是影响用户串供变电站供电可

靠性的因素，本文通过对变电站负荷重要性和自备电厂性质进行了分析，提出了负荷侧开关保护动作于信号，末端线路故障通过光差保护实现地方电厂解列重合闸，首端线路故障通过末端变主变间隙保护（接地短路）和相间距离保护（相间故障）实现解列重合闸，并与自备电厂自动解列装置配合的解决方案，实践证明具有很高的实用性，可有效提高用户供电可靠性。

参考文献

[1] GB14285-2006, 中华人民共和国国家标准, 继电保护和安全自动装置技术规程[S]. 北京: 中国国家标准化管理委员会, 2006.
GB14285-2006, National Standard, PRC. Technical code for relaying protection and security automatic equipment[S]. Beijing: Standard Committee of PRC, 2006.

[2] DL/T 584-2007, 3-110 kV 电网继电保护装置运行整定规程[S].
DL/T 584-2007, Operational and setting code for relay protection of 3-110 kV electrical power networks[S].

收稿日期: 2009-11-17; 修回日期: 2010-01-27

作者简介:

侯元文 (1973-), 男, 本科, 工程师, 长期从事电力系统继电保护整定计算和运行管理工作. E-mail: hyw689292@sohu.com

钱卫 (1970-), 男, 高工, 主要从事电力系统自动化工作。

(上接第 223 页 continued from page 223)

[3] 袁正华, 宋锐, 栗振海, 等. 一起 500 kV 开关误合事件的分析[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37 (13): 132-133.
YUAN Zheng-hua, SONG Rui, SU Zhen-hai, et al. Analysis of an incorrect closing accident of 500 kV breaker[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37 (13): 132-133.

[4] 王巍. 光纤差动保护联跳方案[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37 (13): 98-99.
WANG Wei. Scheme of joint commission for line fiber optical differential protection[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37 (13): 98-99.

[5] 董泰福, 宗秀红. 500 kV 鹏城变电站技改中 CT 回路危险点分析及防范[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37 (23): 159-161.
DONG Tai-fu, ZONG Xiu-hong. The control in advance and danger analysis existed in CT circuit in technological transformation of the 500 kV Pengcheng transformer substation[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37 (23): 159-161.

[6] 程华. BP-2B 型微机母差保护现场改造经验[J]. 电力系

统保护与控制, 2009, 37 (23): 133-136.
CHENG Hua. Experience in putting BP-2B digital bus protection into operation at worksite in running state[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37 (23): 133-136.

[7] 庄洪波, 欧阳帆. 电流电压二次回路现场试验方法技巧探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37 (21): 141-143.
ZHANG Hong-bo, OUYANG Fan. Investigation of on-site testing techniques and inspecting methods for PT and CT secondary circuits[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37 (21): 141-143.

收稿日期: 2010-01-25; 修回日期: 2010-03-23

作者简介:

姚莉娜 (1979-), 女, 讲师, 研究生, 研究方向为电气工程自动化及电子信息技术; E-mail: ylnsmile@126.com

刘华 (1978-), 男, 硕士, 从事变电施工技术工作。

张斌 (1972-), 男, 本科, 高级工程师, 从事变电项目施工管理工作。