

500 kV 变电站主变压器低压侧开关分闸回路 典型缺陷分析及处理措施

陈宏元 李凡红 庄秋月

(四川省电力公司检修公司 四川 成都 610041)

摘要: 现阶段 500 kV 电网已迅速发展成为主构架枢纽网络, 关乎整个电力系统的安全稳定运行, 因此在基建筹备过程中相关保护、控制等回路的调试验收显得尤为重要。以某新投 500 kV 变电站主变压器低压侧开关分闸回路发现存在的典型缺陷为例, 详细阐述了缺陷故障查找和判别的思路和方法, 并有针对性地提出了有效地预控措施来控制、解决同类缺陷, 为类似的基建验收调试工作提供有利的参考价值。

关键词: 500 kV 变电站; 分闸回路; 对地电位测试; 低气压闭锁; 调试验收

Abstract: The 500 kV power grid is developed rapidly to be the main framework terminal network at the present stage, and is related to the safe and stable operation of the whole grid. So the relevant commissioning acceptances of protection and control circuits etc. are particularly important during the construction preparation. Taking the existing typical defects finding in the tripping loop of low side switch in main transformer in a newly-operated 500 kV substation for example, the troubleshooting and discrimination ideas and methods are described in detail, and some effective precautionary measures are put forward to control and solve the similar defects, which provides the favorable references for the similar construction acceptance and commissioning work.

Key words: 500 kV substation; tripping loop; potential to ground test; low pressure lockout; commissioning acceptance

中图分类号: TM407 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2013)03-0076-04

0 引言

随着坚强智能电网建设规划的快速发展, 中国 500 kV 输电线路主网架结构日趋成熟。对于日益兴建的变电站, 如何提高调试、验收质量, 确保保护及控制回路的完好正确性就显得尤为重要。依据国家电网公司反措类相关文件要求及规定: 对于各回路, 必须进行所有保护整组检查, 模拟故障检查保护压板的唯一对应关系, 避免有任何寄生回路存在。基于此, 借某新建 500 kV 变电站现场验收过程, 对发现的主变压器低压侧开关分闸回路典型缺陷进行了深入的分析讨论, 并结合现场生产实际及相关反措要求提出了优化解决措施, 为类似典型缺陷的验收发现、排查处理策略及设计预控措施提供了参考方法。

1 现场典型缺陷

该站的两台自耦主变压器连接 3 侧: 即 500 kV

内桥接线、220 kV 双母单分段及 35 kV 单母。内桥接线方式在 500 kV 变电站的应用形式并不常见, 因接线方式单一, 运行危险指数高, 且线路与主变压器停电或故障跳闸均易互相影响, 因此对保护控制及自动化装置的快速、正确动作要求颇高。而在该站现场调试验收过程中, 却发现主变压器低压侧开关 (以 1 号主变压器为例以便清晰) 存在严重的设计及操作缺陷: ①进行整组传动试验时, 低压侧开关不能进行正常的分闸操作; ②在进行直流电源相互独立性检查时发现: 当低压侧只给第二组直流电源时保护无法准确跳开开关。而只给第一组直流电源或第一、二组直流电源同时给上时保护却能按控制要求正确跳开开关。

2 处理及排查策略

为确保对应的保护、控制及信号等重要回路一一对应, 检修人员在验收过程中需要对各回路的独立性、完整性进行校验核查。经过仔细的分析判

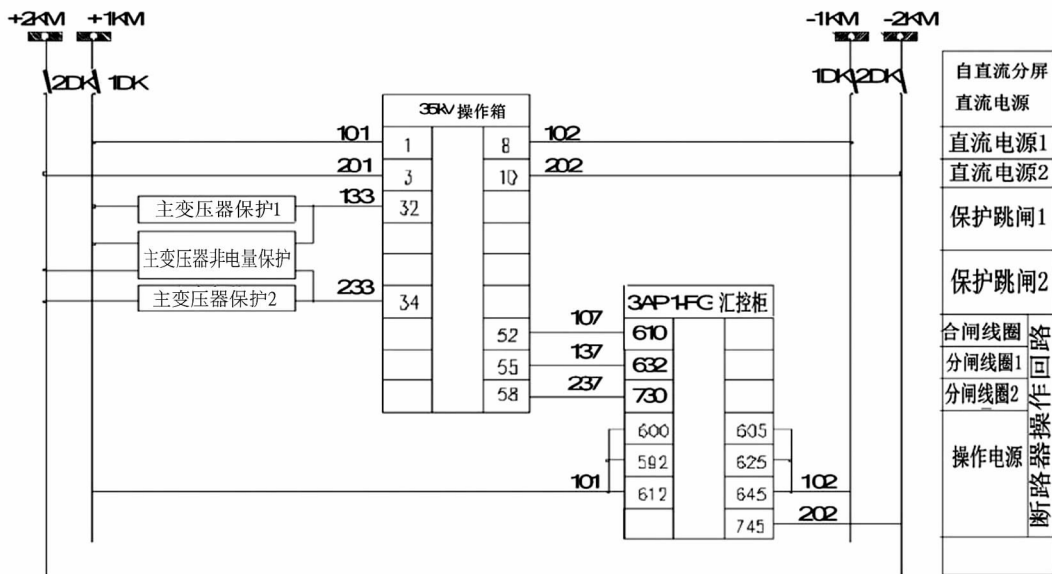


图1 低压侧保护控制回路简图

断 结合发现的缺陷问题拟定了以下基本验收策略：即逐一断开每一组直流电源后，检测两块保护屏的直流正负端对地电位情况，若各接地（101/102 和 201/202）的对地电位的独立性满足则表明两组控制回路未与其他回路电源进行混接打搅，否则表明回路中可能串入了其他回路的电源，需要进行进一步详细深入的分析排查。在确保控制回路独立完好的基础上，分别依次断开两组直流电源来测试各屏位处的正负直流端、跳闸各出口端（133R、137、233R、237）的电位情况，若满足上述条件则表明两组控制电源相互独立；若不满足则说明两者之间存在直流打搅的现象需要及时排除。

在进行该缺陷问题处理时分了以下两种方式进行排查：一是在带电的情况下进行“回路逐点电位测试”；二是在不带电的情况下进行“回路逐点导通测试”。鉴于二次设备实际调试的后期工作过程中，部分设备及装置已经调试完成且均已正常带电运行，为避免互相干扰影响正常设备或其它可靠回路的稳定试运行，在实际排查过程中侧重以电位测试对其进行分析。

3 原因分析

从上述处理过程中分析可知，在单给任一组控制直流电源并模拟故障时，开关跳闸未成功，而在对应保护屏端子排处短接回路接点（101 - 137）时，已合闸的开关均不能正确跳开。为避免两组直流存在

打搅现象，在采用直流电源分组测试方法和策略表对其回路进行深入检查时，发现两组直流并未混接。

在此基础上，为缩小故障排查范围，再给上第一组控制电源，从断路器机构本体箱处再次进行了梳理，却再次发现场地开关就地机构箱在带电的情况下，对合闸开关进行分操作时，亦不能跳开开关的重大问题。现将其开关控制回路简述为图1所示。

当给上第一组直流电源，并将开关机构箱的“远方/就地”把手切于就地位置，在未按 S3 按钮和按下 S3 按钮（S3 为“分闸”按钮）不放的情况下，分别测试开关机构箱处各点的对地电位，发现仅给第一组保护直流电源并常按 S3 分闸按钮时，发现分闸继电器 Y3 两侧的对地电位均为 +109 V 左右，而不按 S3 时，其两侧对地电位为 0，这表明该组控制电源的负端未沟通所致。现场检修人员按其机构内部二次控制回路图进行查线发现端子 X1: 645 未与第一组负电沟通，即端子 X1: 625 和 X1: 645 未有外部线短接（属于接线人员的粗心），如图2左所示。经处理后测试发现能进行正常分闸。

当只给上第二组直流电源，测试开关机构箱处的电源电位，其测试结果发现开关机构箱内的分闸继电器的接点（Y4 - A2）对地电位为零，结合第一组 SF₆ 闭锁回路可分析出 K55 接点未闭合，由此反推为 K55 继电器未励磁造成。同时检修人员也在现场进行了如下的试验，从而验证了其推断的正确性。即：第一，保护屏处短接正电 201 接点和跳闸 237 接点的同时按下 K55 继电器的动合触点，此时合闸的

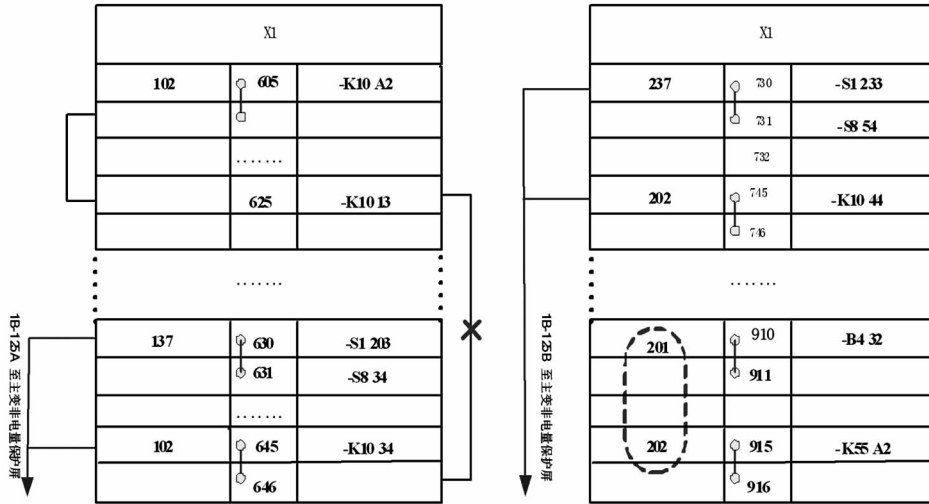


图2 二次回路接线图

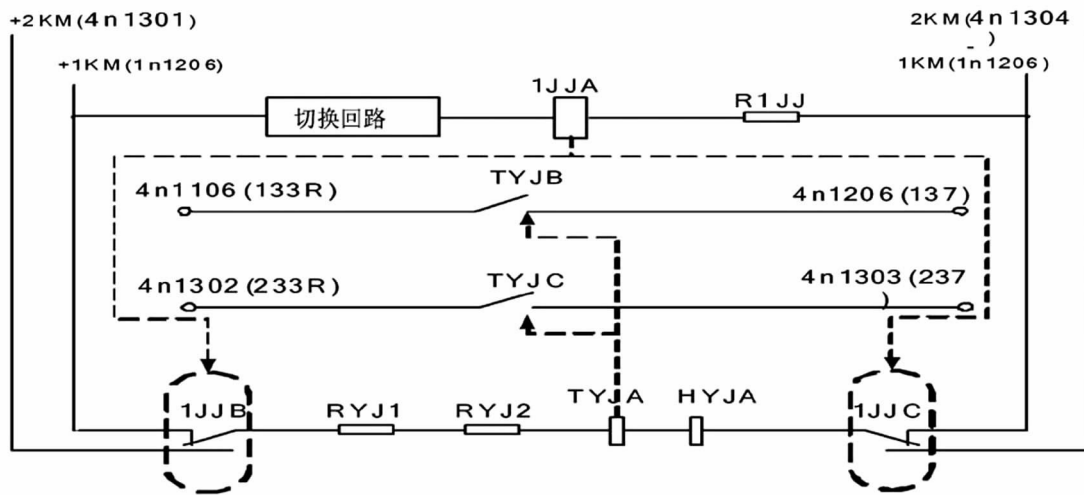


图3 操作箱的控制回路简图

开关跳开;第二,仅在保护屏处短接正电 201 接点和跳闸 237 接点,此时合闸的开关未跳开。

后查阅图纸整体回路发现:由于断路器机构回路内自身带有两组内部压力闭锁功能,分别作用于分闸 1 回路和分闸 2 回路的闭锁,其常开接点串于分闸 1 和分闸 2 回路中,因此当分闸 2 的 SF₆ 压力闭锁继电器未励磁时,由于常开接点断开导致合闸回路不完整,导致分闸不成功。由于设计失误,用于 SF₆ 压力总闭锁继电器 K55 的 910 和 915 未接线(未考虑分闸 2 回路中的 SF₆ 压力闭锁接点并未对其设计接线),如图 2 右红色标注所示。这就导致了 K55 不能正常励磁,使得其分闸 2 回路中的常开接点断开,因此当第二组直流电源给上时,开关不能跳闸。

后与设计进行沟通,结合 18 项新反措要求,将

其接入第二组直流控制电源,使之独立并形成双重化要求,避免出现第一组直流消失后影响开关跳闸^[3]。设计更改之后对其进行机构各点电位测试,各组电位测试均正确。由于第二组控制直流电源是直接供保护 2,现场无手分操作,因此不能判定第二组保护控制回路是否完好,但同时可以确定机构汇控柜处的回路完好。

为检验其第二组的整体回路完整性,检修人员仅在第二组直流电源供电的情况下进行整组传动试验,开关不能跳开,为了进一步缩短故障范围,检修人员将低压侧开关合上(开关在合位),分别给第一组直流电源、第二组直流电源来逐段排查,分别测试操作箱的两组电源端接点 [4n1101(101)、4n1201(102)、4n1301(201)、4n1304(202)] 和两组跳闸回路接点 [4n1106(133)、4n1206(137)、4n1302(233)、

4n1303(237)的对地电位。从测试结果可以看出两组电源未出现打搅迂回的现象,但仅提供第二组直流电源时其4n1302接点的对地电位始终为零,而两组均供电时其接点对地电压为-109V左右。这说明回路缺陷存在如下两种可能性:即压力电压切换接点损坏或压力闭锁继电器损坏。

为了更清楚说明故障原因,引以其操作箱的控制回路为例来进行阐述,如图3所示。

从图中可以分析出:双跳圈操作箱的压力电源由电源自动切换继电器1JJ完成:将两组操作电源经切换接点转换后供给分闸压力闭锁继电器,如图5中红色虚线框所示,其目的在于当一组有电时切换在一组电源工作,一组失电自动切换到二组电源,以此保证压力闭锁继电器在任一组失电时仍能正常工作。而由压力闭锁继电器的两组常开接点分别串入两组分闸回路中,从而实现每组分闸回路的压力监视和闭锁功能,如图5中紫色虚线框所示。

综上所述可以断定其故障为压力电压切换接点损坏:若是后者,则当两组同时供电时,则4n1302接点的对地电位应该和单供第二组一样,均为0V,而与实际测量值不吻合,故排除。其产生的严重后果及隐患为:若将此进行投运使用,当第一组电源出现故障时,即使第二组直流电源正常,由于其压力电源自动切换回路存在断开点,当发生故障保护也不能跳开开关,导致故障不能及时切除,扩大事故范围。

4 相应的处理措施

为解决上述问题,从二次回路实现的角度提出了以下3种处理方案。

方案1:更换带有内部气压低闭锁功能的插件:即更换带有内部气压低闭锁功能的厂家插件,但必须保证其压力电源自动切换回路能够正确切换其直流电源,以保证当仅供一组直流电源时,其相应的压力监视回路能够正常工作。

方案2:采用自身具有闭锁功能的开关机构。由于低压侧开关为西门子厂家的,本身带有两路压力闭锁功能(有两个压力低总闭锁继电器),因此可以利用外部压力闭锁来实现对分闸回路的闭锁功能,因此可以采用不带有内部气压低闭锁功能的插

件来实现。

方案3:更换带有内部气压低闭锁功能的插件+开关机构自身闭锁功能:即采用“内外结合”模式,将两者进行“与”逻辑,共同来实现其闭锁功能。这样的优点是可以防止误闭锁的情况出现,但由于中间环节较多,使其可靠性较大削弱。

上述3种方案均可付诸实施,但各有利弊:前两种方案均采用单一闭锁接点来实现,可靠性高,但前者需要装置插件可靠才能保证回路的完整,而后者要求开关自身的辅助触点要可靠;方案3则是两个闭锁接点(内部和外部)串联来实现,降低了“误闭锁”的机率,但回路复杂且可靠性不高。从个人观点而言,加之该设备长期的运行经验,更倾向于采用方案2,原因在于减少了其压力电压切换环节,使得回路更为简化,有利于回路的可靠性,若出现上述现象也能够保证开关正常分闸。

在与操作箱厂家和设计单位进行了相应的沟通及方案权衡分析后,设计单位出具设计变更采用了方案2来解决对应缺陷。

5 结论

从上面主变压器低压侧开关分闸回路缺陷的分析过程中可以发现:回路中存在任何缺陷都将导致调试过程中的受控设备不能正常工作,而诸多缺陷的产生有现场施工的粗心,亦有设计的疏忽,亦有设备自身的缺陷,因此为了确保二次回路的完整且正确,要从逆向思维的工作思路及针对性的技术方案出发,采用“逐段排查”的方法来缩小故障范围,对存在多种可能性的故障原由时结合现场的设计图纸和厂家白图来判断,并提出了保证设备可靠运行的参考方案。

作者简介:

陈宏元(1975),男,工程师,长期从事变电运行管控工作;

李凡红(1984),男,工程师,研究方向为电力系统智能运行及控制理论研究,从事继电保护调试方面工作;

庄秋月(1986),女,工程师,研究方向为电力系统运行及暂态分析,从事现场变电运行工作。

(收稿日期:2013-02-27)