

直流220V控制电源失电对断路器跳闸的分析与处理

古桂青

惠州市大亚湾华德石化有限公司 广东 惠州 516211

摘要: 随着自动化水平越来越高,对各种设备的保护种类也越来越多,设备稳定运行可靠性要求就越来越高,DC220V电源的普遍运用得到极大的推广。油库直流220V电源采用并机运行,确保高压供电系统能够稳定的运行。针对控制电源失电的保护,各种断路器开关跳闸和不动作,成为生产运行的不确定因素。为此,本文就断路器工作中的控制电源失电保护存在的问题进行详细分析,根据实际运行经验,提出了改进和优化方案。

关键词: DC220V控制电源;失电保护;断路器;保护跳闸

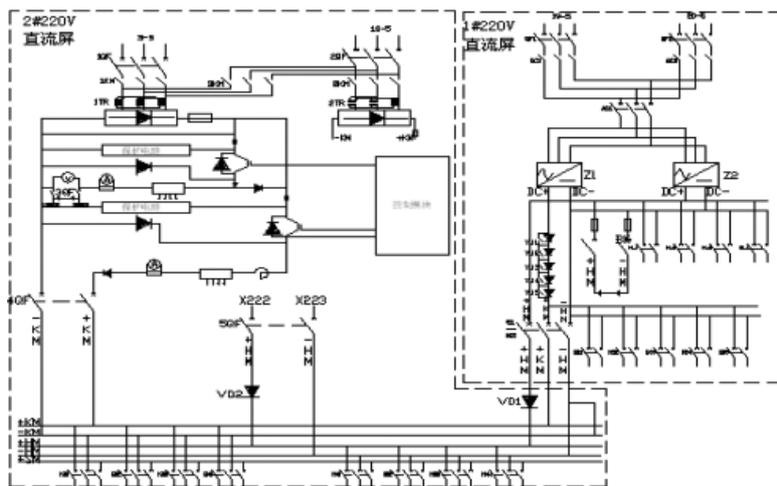
引言: 随着自动化技术的发展,电力供应的连续性和稳定性成为关键。在石油化工等重要行业中,直流220V控制电源作为高压供电系统的稳定保障,其重要性不言而喻。然而,控制电源失电问题时有发生,导致断路器误跳闸或不跳闸,给生产带来安全隐患。本文深入分析了华德公司油库电网供电系统中直流220V控制电源的现状存在的问题,提出了针对性的改进措施,以期提高供电系统的可靠性和安全性。

1 华德公司油库电网供电系统的控制电源状况

1.1 油库直流220V电源状况

华德公司油库高压配电系统控制电源采用“双套开关型DC220V电源并机运行”架构,旨在实现不间断供电。两套直流电源模块独立配置、共享直流母线,正常

运行时均工作,通过均流技术负载均分。若一套模块故障(如整流单元损坏、输入电源中断),另一套可自动承担全部负载,确保直流母线电压稳定在 $220V \pm 5\%$ 内,防止控制电源失电。硬件上,每套DC220V电源模块含整流、充电、蓄电池组与监控单元。整流单元将380V交流转直流实时供电;充电模块为蓄电池组浮充,交流电源中断时,蓄电池组可维持供电不低于4小时;监控单元采集直流母线电压等参数,经RS485通讯上传至电气后台,参数超标(如母线电压低于200V)即触发声光报警。此并机模式成效显著:为高压系统控制电源检修提供便利,可不停电拆解、检修或更换单套模块;降低电源内部故障对系统的影响,2018年投用后,3次单模块故障均未致控制电源中断,保障了油库供电连续性。



图一 直流220V系统图

1.2 配电系统控制现状

华德公司油库配电系统的开关柜主要分为两类:一类是随进口设备配套的德国ABB原装开关柜,另一类是后期扩建时采购的厦门ABB开关有限公司生产的开关

柜。两类开关柜的主体控制逻辑(如合闸回路、储能回路)保持一致,但在分闸回路的保护设计上存在细微差异,核心区别在于是否设置“DC220V控制电源失电联锁保护”。

1.3 现有开关柜断路器控制方式存在的不足

1.3.1 “失电跳闸”导致非必要供电中断

德国ABB原装开关柜的“失电跳闸”设计，在控制电源短暂失电（如电源模块切换瞬间、电压波动）时，会直接触发断路器跳闸。油库的高压主回路承担着机泵、加热炉、卸油设备等关键负载的供电，一旦跳闸，机泵停转将导致工艺介质输送中断，管线内压力骤升，需紧急开启泄压阀门；卸油作业中断则可能导致油罐车滞留，影响物流效率。2022年曾发生一起案例：因直流电源监控单元故障，误判控制电源失电，触发3台10kV开关柜跳闸，导致油库罐区卸油系统停运40分钟，直接经济损失约5万元，同时增加了安全风险。

1.3.2 “失电保持”形成无保护运行隐患

厦门ABB开关柜的“失电保持”设计，虽避免了非必要跳闸，但控制电源失电后，继电保护系统完全失效。油库的高压主回路中，机泵电机的额定电流可达数百安培，若发生电机堵转、电缆短路等故障，短路电流可能超过10kA，而断路器无法触发分闸，会导致电缆过热烧毁、开关柜体损坏，甚至引发火灾。2021年，某台厦门ABB开关柜因控制电源熔断器烧毁，处于无保护运行状态，期间发生电机堵转故障，未能及时分闸，导致电机绕组烧毁，维修耗时3天，影响了原油输送进度^[1]。

2 控制电源失电对断路器跳闸的影响机制分析

2.1 控制电源失电的故障类型与诱因

2.1.1 完全失电的诱因

完全失电指直流母线电压降至0V，导致所有控制回路与保护装置停运，其主要诱因包括：一是交流输入电源中断，如380V交流母线故障、熔断器烧毁，导致整流单元无输入；二是双套直流电源模块同时故障，如均流单元损坏导致模块过载保护；三是直流母线短路，如电缆绝缘破损、元件短路，触发母线熔断器烧毁；四是蓄电池组失效，如蓄电池老化、充放电回路故障，无法在交流失电时投入运行。

2.1.2 电压异常的诱因

电压异常指直流母线电压低于200V（标准下限）但未完全失电，此时部分控制回路仍能工作，但保护装置可能误动作，其诱因包括：一是单套电源模块故障，另一套模块负载过重，导致母线电压下降；二是蓄电池容量衰减，浮充电压无法维持；三是控制回路负载过大，如多个合闸线圈同时动作，导致瞬时电压跌落；四是监控单元故障，误判电压状态，触发虚假失电信号。

2.2 断路器跳闸的动作逻辑拆解

以德国ABB原装开关柜为例，控制电源失电触发断

路器跳闸的逻辑可分为三个阶段：第一阶段：控制电源失电触发中间继电器动作。中间继电器K2的线圈直接由DC220V控制电源供电，当电源失电或电压低于180V时，K2线圈磁力不足，衔铁释放，其常开触点（串联于分闸回路）断开，常闭触点（并联于分闸回路）闭合。这一阶段的响应时间约为0.1-0.2秒，属于瞬时动作；第二阶段：分闸回路导通触发线圈得电。K2常闭触点闭合后，分闸线圈Y2的供电回路接通，此时尽管继电保护装置未动作，但回路通过“控制电源失电联锁”直接导通。分闸线圈Y2的额定电压为DC220V，即使母线电压降至200V，仍能产生足够磁力推动脱扣机构，响应时间约为0.05-0.1秒；第三阶段：脱扣机构动作导致断路器分闸。Y2得电后，推动断路器内部的脱扣杆，解除主轴闭锁，在弹簧力作用下，动静触头快速分离，主回路断开^[2]。同时，辅助触点动作，发出“分闸成功”信号，整个过程约为0.03-0.05秒。对于厦门ABB开关柜，控制电源失电时，分闸回路与保护装置均失电，断路器保持合闸，但此时若主回路发生故障，保护装置无法检测故障信号，分闸线圈无动作，断路器无法跳闸，形成“无保护运行”状态。

2.3 失电影响的量化评估

为量化控制电源失电的影响，本文以华德公司油库10kV高压配电系统为对象，统计2019-2023年相关故障数据，结果如下表所示：

故障类型	发生次数	平均处理时间	直接经济损失（万元）	安全风险等级
德国ABB柜失电跳闸	5	35分钟	4.2-6.8	中等
厦门ABB柜无保护运行	3	85分钟	8.5-12.3	高
控制电源电压异常	7	20分钟	1.5-2.8	低

从数据可见，“无保护运行”的影响最为严重，平均处理时间长、经济损失大，且存在火灾、设备烧毁等高危风险；“失电跳闸”虽处理时间较短，但仍会导致生产中断，影响工艺连续性；“电压异常”影响相对较小，但频繁发生会降低系统稳定性。进一步分析故障后果发现，控制电源失电的影响具有“连锁性”：一是生产端，机泵停转导致工艺中断，需重新启动并调整参数，耗时较长；二是设备端，无保护运行时的故障可能导致电机、电缆等设备永久性损坏；三是安全端，工艺中断可能引发管线超压、介质泄漏等安全隐患，符合石化行业“安全第一、预防为主”的管理要求，需优先解决无保护运行问题，同时减少非必要跳闸。

3 采取的改进措施和方法

3.1 控制电源系统的选型与优化

控制电源的可靠性是避免失电问题的基础,需从设备选型、配置升级、维护管理三方面入手,提升电源系统的稳定性。

3.1.1 设备选型优化

在新增或更换直流电源模块时,优先选择具有“三电平整流”技术的产品,该技术可降低开关损耗,提升电源效率至95%以上,同时减少电压波动;蓄电池组选用胶体蓄电池,相比传统铅酸蓄电池,其循环寿命延长50%,低温性能更优(-20℃环境下容量保持率 $\geq 80\%$),适合油库户外配电房的环境;监控单元需支持“多参数预警”功能,可实时监测蓄电池内阻、模块温度、母线绝缘电阻等参数,提前预测故障(如蓄电池内阻超标时预警)。

3.1.2 配置升级

对现有双套电源模块进行均流改造,采用“主动均流”技术,使两套模块的负载偏差控制在5%以内,避免单模块过载;新增“交流失电延时投入”功能,当交流输入中断时,先由蓄电池组供电,若中断时间超过10秒(油库工艺允许的最大中断时间),再触发主备电源切换,减少不必要的切换动作;在直流母线上增设“电压缓冲器”,当负载瞬时增大(如多个合闸线圈动作)时,缓冲器可释放能量,维持母线电压稳定,避免电压跌落导致的误动作。

3.1.3 维护管理强化

建立“月度巡检+季度检测+年度大修”的维护制度:月度巡检重点检查电源模块指示灯、母线电压、蓄电池外观;季度检测采用专用设备测量蓄电池容量、内阻,测试模块均流性能;年度大修时拆解模块,清洁内部灰尘,更换老化电容、风扇等易损件。同时,将电源系统的运行数据接入油库MES系统,实现故障历史追溯与趋势分析,提升维护的针对性。

3.2 开关柜二次回路的改造设计

针对两类开关柜的分闸回路缺陷,采用“统一改造+差异化调整”的思路,消除控制电源失电对断路器跳闸的负面影响,同时保障保护功能有效。对于德国ABB原装开关柜,改造核心目标是取消“失电跳闸”联锁,改为“失电发信号”,避免非必要跳闸,具体改造流程如下:首先拆解分闸回路接线,精准定位中间继电器K2的常闭触点(13,14),将其从分闸线圈Y2的供电回路中移除,彻底切断控制电源失电时直接触发跳闸的回路路径;接着重新规划接线,将拆除的K2常闭触点接入综合保护继电器的“信号输入端子”,使控制电源失电

信号从“跳闸触发信号”转换为“故障预警信号”,避免回路误动作;随后进入参数配置阶段,调整综合保护继电器的报警等级参数,将“控制电源失电”信号设定为“三级报警”(最高级),确保信号触发时,电气后台能立即发出声光报警,同时通过通讯模块推送短信至值班人员手机,实现故障信息的多渠道同步,为快速响应争取时间;最后保留分闸回路原有的继电保护逻辑,仅当继电保护装置(如过流继电器KA2、短路保护继电器)检测到主回路故障(过流、短路、过压等)并动作时,才允许分闸线圈Y2得电,驱动断路器分闸,既避免了控制电源失电导致的非必要跳闸,又保障了主回路故障时的保护功能正常生效,实现“预警不跳闸、故障必跳闸”的改造目标^[3]。

3.3 具体实施步骤

(1) 电源系统评估与选型:对现有直流220V电源系统进行全面评估,包括其输出稳定性、负载能力、故障率等指标。(2) 根据评估结果,选择质量可靠、性能稳定的电源系统。(3) 二次线路设计:根据生产需求和安全规范,重新设计开关柜的二次线路。(4) 将控制电源失电时的中间继电器辅助触点动作改为发信号给综合保护继电器,并接入电气后台监控系统。(5) 系统调试与验证:在实施改进后,对系统进行全面调试和验证。(6) 模拟控制电源失电情况,检查系统是否能正确发出警报信号,并验证供电系统的稳定性和可靠性。(7) 人员培训与操作规范制定:对操作人员进行系统培训,使其熟悉改进后的系统操作和维护流程。同时,制定详细的操作规范和维护计划,确保系统的长期稳定运行。

结束语

本文通过对直流220V控制电源失电问题的深入分析,提出了切实可行的改进措施,包括优化电源系统选型、改造开关柜二次回路等。这些措施有效解决了控制电源失电导致的断路器误跳闸或不跳闸问题,提高了供电系统的稳定性和可靠性。未来,随着技术的不断进步,将继续优化和完善供电系统,为石油化工等重要行业的安全生产提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]何永宏.断路器控制电路双重防跳的应对策略[J].电世界,2021,62(07):27-28.
- [2]许红,吴俊霞,李向辉,等.提高DEH控制系统直流电源可靠性的措施分析[J].机电信息,2019(3):11-13.
- [3]张明冠,官方建.一种查找断路器控制回路短路点的方法[J].云南电业,2025(4):16-21.