 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i2.9333

Analysis of abnormal oil pressure when switching the camera lubrication oil pump together

Shengchun Liu[1] Jie Zhang[2] Dongfu Wang[1] Cai Guo[1] Guodong Zhang[1]

1 Qinghai Dehong Electric Power Technology Co., Ltd., Xining, Qinghai, 810000, China
2 State Grid Qinghai Electric Power Company Electric Power Science Research Institute, Xining, Qinghai, 810000, China

Abstract
After the large-scale phase-shifting camera is put into operation, it can play a key dynamic reactive power support role in the AC/DC hybrid power grid, effectively improve the safety and stability of the power grid, improve the power factor, maintain the voltage level, and provide important guarantees for the efficient and safe operation of the green ultra-high voltage power grid. When the camera is running normally, the lubricating oil system adopts a configuration mode of "one AC pump for use and one backup, and one DC pump for backup". The oil pump switching is divided into two scenarios: periodic switching and fault switching. In actual operation, occasional abnormal oil pressure issues during the switching process may affect lubrication effectiveness and threaten equipment safety. This article focuses on analyzing the causes of the abnormal oil pressure, including switching logic delay, pressure fluctuations in the pipeline, and pump output pressure matching deviation. Targeted measures and suggestions are proposed to optimize the switching control program, install pressure buffering devices, and regularly verify pump output parameters to ensure the reliable operation of the lubricating oil system.

Keywords
condenser; oil pump; oil pressure; analysis; suggestion

一起调相机润滑油泵切换时油压异常问题分析

刘生春[1] 张杰[2] 王东福[1] 郭财[1] 张国栋[1]

1. 青海德泓电力科技有限公司，中国·青海 西宁 810000
2. 国网青海省电力公司电力科学研究院，中国·青海 西宁 810000

摘 要

大型调相机投运后，能在交直流混联电网中发挥关键动态无功支撑作用，有效提升电网安全稳定性、改善功率因数、维持电压水平，为绿色特高压电网高效安全运行提供重要保障。调相机正常运行时，润滑油系统采用 "交流泵一用一备、直流泵备用" 的配置模式，油泵切换分为周期切换与故障切换两类场景。实际运行中，切换过程偶发油压异常问题，可能影响润滑效果，威胁设备安全。本文重点分析该油压异常的成因，包括切换逻辑延迟、管路内压力波动、泵体输出压力匹配偏差等，并针对性提出优化切换控制程序、加装压力缓冲装置、定期校验泵体输出参数等措施与建议，以保障润滑油系统可靠运行。

关键词

调相机；油泵；油压；分析；建议

1 引言

调相电机转子作为高速旋转的大型部件，在机组工作时需要提供润滑油在轴承上形成连续的油膜，转子在这层油膜上转动才能避免主轴与轴承直接接触造成烧瓦。形成油膜本身只需要少量的润滑油，但是由于转子的传热、轴承面的摩擦以及润滑油自身的紊流，会产生大量热量，为了维持轴承正常的运行温度，需提供更多的油量对轴承进行冷却。调相机正常运行时，润滑油系统交流润滑油泵一用一备，直流润滑油泵备用。油泵切换分为周期切换和故障切换，周期切换时，先启备用交流润滑油泵，备用交流油泵启动运行正常后停止原运行泵；故障切换时，润滑油泵母管压力低Ⅰ值开关（0.53MPa）动作联启备用交流润滑油泵，母管压力低Ⅱ值开关（0.24MPa）动作联启直流油泵，母管压力低Ⅲ开关（0.135MPa，跳机值）动作信号 "三取二" 后触发热工主保护，调相机跳闸。

【作者简介】刘生春（1983–），男，中国青海大通人，工程师，从事高电压与绝缘技术研究。

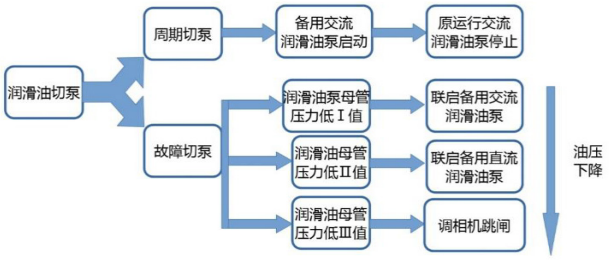


图 1 润滑油系统切泵流程图

2 故障情况

2018 年 4 月 28 日 16 时 20 分，某换流站执行站用电倒闸操作时，1 号调相机交流润滑油泵 B 电机失压停止运行，润滑油母管压力降低，润滑油泵母管压力低 I 值开关（0.53MPa）、低Ⅱ值开关（0.24MPa）依次动作，交流润滑油泵 A 和直流润滑油泵联锁启动正常。16 时 20 分 50 秒，润滑油供油口压力低Ⅲ值开关（0.135MPa，跳机值）动作，1 号调相机热工主保护无延时动作，1 号调相机紧急停机[1]。

3 问题原因分析

调相机润滑油系统油泵切换时导致跳机可能的原因有三个方面：DCS 逻辑不完善，滑油压力开关动作异常，备用油泵联启后油压未及时建立。在 1 号调相机停机情况下，对润滑油系统进行了试验验证。

润滑油系统单台交流润滑油泵运行，投入备用泵联锁，多次手动停润滑油运行泵，备用泵和直流油泵均联启成功，说明 DCS 润滑油联起逻辑组态正确。

通过对三台润滑油供油口压力低 III 值压力开关进行校验，校验结果表明，三台供油口压力低 III 值压力开关的动作值正确，说明滑油压力开关动作异常。

经过多次润滑油泵故障切泵试验，发现当油泵停止运行后油压下降较快，润滑油母管压力低 I 值动作到返回需要经历 700ms-800ms。说明运行交流润滑油泵跳闸联启备用泵时，建立润滑油压力所需时间较长。

通过上述试验分析可知，调相机润滑油系统油泵切换时，油压异常导致跳机问题发生原因为调相机润滑油系统故障切泵时，备用泵联启较慢，建立润滑油压力所需时间偏长，导致油压下降过快，润滑油母管压力低跳机信号“三取二”无延时触发调相机热工主保护动作跳机。

4 措施及建议

增加交流油泵就地联锁起动回路，减少备用泵启动时间，避免油压下降过快。

在调相机润滑油系统中，油泵的可靠切换是保障设备润滑效果、避免轴承磨损等故障的关键。为进一步提升备用交流油泵启动的及时性与可靠性，解决传统控制方式下信号传输延迟可能导致的风险，特对润滑油泵就地控制柜硬接线回路进行专项改造，核心目标是实现交流失电信号直接触发备用交流油泵启动，构建更高效的故障响应机制[2]。

本次改造的核心逻辑的是通过优化硬接线回路设计，将关键故障信号与备用泵控制回路直接关联，省去中间信号转换环节，大幅缩短启动响应时间。在调相机正常运行期间，需确保就地控制柜 “联锁投入（调相机运行）” 功能处于已投入状态，该状态是硬接线触发机制生效的前提，可避免非运行状态下的误动作，同时确保故障发生时回路能快速响应。改造后，当系统监测到四类关键故障信号中的任意一个时，备用泵控制回路将通过硬接线立即启动备用交流油泵：其一，主泵控制柜失电，此情况会导致主泵失去动力源，若不及时切换，将直接中断润滑油供应；其二，主泵断路器跳闸，表明主泵供电回路出现故障，需紧急启用备用泵；其三，主泵热继电器过载，通常由主泵电机过载或堵转引起，继续运行可能导致电机损坏，需切换备用泵保障润滑；其四，泵出口压力低（低于 0.53MPa），该信号直接反映润滑油供应压力不足，可能导致轴承润滑不良，触发后需立即启动备用泵提升压力。通过本次硬接线回路改造，备用交流油泵的启动响应时间较改造前显著缩短，有效避免了因信号延迟导致的润滑油供应中断风险，进一步夯实了调相机润滑油系统的可靠性，为调相机长期稳定运行提供了坚实的润滑保障。同时，改造后的回路设计还具备维护便捷性，便于工作人员定期检查硬接线连接状态，确保触发机制始终处于可靠生效状态。

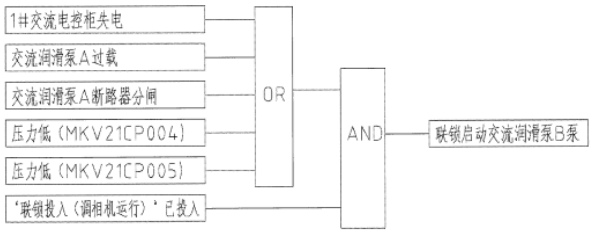


图 2 联锁启动交流润滑泵逻辑

5 低跳机信号增加 1 秒延时动作

在调相机润滑油系统运行中，交流润滑油泵的可靠联锁启动是保障设备安全的关键环节。然而实际运行中，当交流润滑油 B 泵失电时，虽备用 A 泵与直流油泵能实现联锁启动，但因备用泵启动存在较长延时，导致润滑油压迅速下降，往往在备用泵未及时建压前，油压已降至低三值（0.135MPa），触发保护动作造成调相机跳机，不仅影响设备稳定运行，还可能引发电网运行波动。韶山换流站的实际运行数据为这一问题提供了关键参考：该换流站润滑油压从低 I 值（0.53MPa）触发备用泵启动，到润滑油母管压力重新恢复至压力低 I 段定值，所需时间约为 819ms。这一数据清晰表明，备用泵建压存在固定的时间周期，而当前润滑油母管压力低跳机信号采用 “三取二” 无延时触发调相机

热工主保护动作的设计，未充分考虑备用泵建压的时间需求，导致在故障切泵过程中，频繁出现因备用泵建压不及时而误触发跳机的情况。

从设备运行逻辑来看，调相机跳机保护的核心目的是应对真正威胁设备安全的油压持续过低问题，而非短暂的压力波动。基于韶山换流站的 819ms 建压数据，将润滑油母管压力低跳机信号的触发机制进行优化，即从 “三取二” 无延时触发，改为增加 1 秒延时，可有效躲过备用泵 819ms 的建压时间。这一优化既不会影响对真实油压异常故障的保护响应 —— 若 1 秒后油压仍未恢复，保护动作将正常触发；又能避免故障切泵时，因备用泵建压滞后这一客观因素导致的误跳机，显著提升调相机运行的稳定性与可靠性，为电网的安全高效运行提供更有力的保障。

调整油压低联起备用泵压力开关定值正常周期切泵时，一般是先启备用泵，再停需要切换的泵，在停需要切换的泵时会造成润滑油母管压力变化，可能出现压力波动至 0.53MPa 以下，此时压力异常低于定值就会引起故障切泵，造成直流油泵误启动。由于正常周期切泵过程中只是压力波动，根据运行经验，正常周期切泵时油压波动不会造成油压低于 0.5MPa。因此，将油压低联起备用泵压力开关定值略微调低（由 0.53MPa 降为 0.50MPa），避免油泵正常切换时油压小幅波动联起直流泵。在联起备用泵压力开关定值改为 0.50MPa 后，未在出现过误启直流油泵情况。

6 加装润滑油蓄能器

为进一步解决调相机润滑油系统在故障切泵与周期切换过程中的油压波动问题，在现有保护延时优化基础上，提出加装润滑油蓄能器的改进方案，通过蓄能器的油液储存与释放功能，提升系统油压稳定性，避免不必要的保护动作。在事故工况下，如交流润滑油泵突发失电，蓄能器可快速释放储存的油液，及时补充润滑油母管流量，有效减缓油压下降速度。此前备用泵启动存在 819ms 建压时间，若无蓄能器辅助，油压易快速跌至低三值（0.135MPa）引发跳机；加装后，蓄能器能为备用泵建压争取更充足时间，避免油压在短时间内大幅跌落，与 1 秒保护延时形成双重保障，进一步降低误跳机风险。在润滑油泵周期切换过程中，传统切换方式易因泵体切换间隙导致油压短暂波动，可能触发交流泵出口压力低（0.50MPa）联启交流备用泵与直流备泵的压力开关动作，造成不必要的泵体频繁切换。而蓄能器可在切换间隙维持母管压力稳定，通过实时补充油液抵消压力波动，确保切换过程中油压始终高于 0.50MPa 的动作阈值，避免冗余保护启动，减少设备损耗，同时提升润滑油系统运行的平顺性与可靠性，为调相机长期稳定运行提供更全面的保障 [3]。

故障切泵同时联起直流泵，增加可靠性。故障切泵过程中润滑油母管压力降低快，备用交流油泵启动建压慢，未来得及建压，油压下降至低Ⅲ值（0.135MPa）造成保护动作跳机。备用交流油泵和直流油泵同时启动，使得建压时间缩短，可增加切泵过程中的可靠性。

在运调相机检修期间对润滑油系统各压力开关进行校验，对不合格的压力开关进行更换。

参考文献

[1] 文耀华，双水内冷调相机润滑油系统油泵切换快速响应能力分析，现代驱动与控制《电机技术》2020年第3期。

[2] 王天一,张超峰.调相机润滑油泵切换时油压异常跳机问题与对策分析[J].电工材料,2025,(04):114-116.DOI:10.16786/j.cnki.1671-8887.eem.2025.04.026.

[3] 宝山钢铁股份有限公司.主油泵与辅助油泵的切换控制方法:CN113586695A[P/OL].2021-11-02[2025-09-04].https://www.cqvip.com/doc/patent/2000737380.