

调压阀在老挝小型水电站应用可靠性分析

韩昊霖

中国电力工程有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i9.5719

[摘要] 本文结合老挝小型水电站安装调压阀的工程实例,分析调压阀在工程实际使用中的优缺点,针对调压阀利于降低工程投资成本的特点,结合调压阀的原理及产品特性,分析论证调压阀在电网不稳定环境中因机组甩负荷的状态下使用可靠性。

[关键词] 调压阀; 机组甩负荷; 运行可靠性

中图分类号: TP65+2.2 **文献标识码:** A

Application reliability analysis of Regulating Valve in small hydropower station in Laos

Haolin Han

China National Electrical Engineering Co., LTD

[Abstract] In this paper, the advantages and disadvantages of the Regulating Valve in the actual use of the project are analyzed based on the engineering example of installing the Regulating Valve in a small hydropower station in Laos. The reliability of the Regulating Valve in the condition of load rejection caused by the instability of the power grid is analyzed and demonstrated by combining the principle and product characteristics of the regulator with the characteristics that the regulator is conducive to reducing the project investment cost.

[Key words] Regulating Valve; Unit load rejection; Operational reliability

前言

水轮机组是依靠水资源的高差势能转换为机械能继而发电,在实际工程和生活应用中,由于电网波动或者设备原因造成的机组停机甩负荷是常见情况,如何避免因无出力造成的机组飞速失控是水电站必须控制的问题,通常情况下,调速器根据设计参数自动快速关闭导叶,但水流受阻,造成压力管道水压急速升高。为此,设置调压阀或者调压井是国内外水电站常用的设计方案,并得到一定范围内的使用。老挝小型水电站选用国产调压阀,使用实际效果较佳,通过分析原理和实际运行数据,明确调压阀在小水电站的使用参数值及可靠性。

1 工作原理及实际作用

调压阀一般情况下都设计安装在水轮机进水阀前,便于在机组甩负荷时将压力释放,避免对水轮机组造成损伤。控制系统在导叶快速关闭的同时开启调压阀,将冲击水轮机组的水流排出,一直到机组关闭。在这个过程中,调压阀和调压井的实际作用是一致的^[1]。

1.1 调节阀的设计原理

(1) 机组正常运行负荷稳定时,主配压阀活塞在相对平衡位置,调压阀不动作。

(2) 机组负荷减少量小于15%额定负荷时,阀门活塞上移量

小于设计的搭接量,关闭腔内只有少量液压油,使得导叶关闭的很缓慢,压力值没有瞬间急升,调压阀不启动;

(3) 机组负荷瞬间减少量大于15%额定负荷时,主配压阀活塞上移变化量较大,液压油流瞬间大量进入导叶接力器关闭腔,导叶和调压阀同时关闭^[1]。

(4) 机组负荷增加时,主配压阀活塞移动方向是向下的,没有液压油进入关闭仓,接力器不动作,调压阀不启动,仅有水流进入导叶,转动导叶提高转速。

1.2 调压阀应用分析

1.2.1 调压阀优点

(1) 减少风险点,减少不可预期,尤其在外国地质勘察不全、资料不健全、工期要求紧张的情况下,土建部分造成的签证费用最多,使用调压阀替换调压井,减少土建工程量对投资方或EPC总承包商控制风险有帮助。

(2) 节省土建开挖的时间和费用,安装调压阀比开挖调压井的时间减少很多,费用也降低很多。

1.2.2 调压阀的缺点

(1) 调压井的存在是将水锤的作用通过管道自然抵消,流量没有耗损,能提高来水量的使用效率。调压阀是将多余流量释放到尾水管道排走,造成损失。

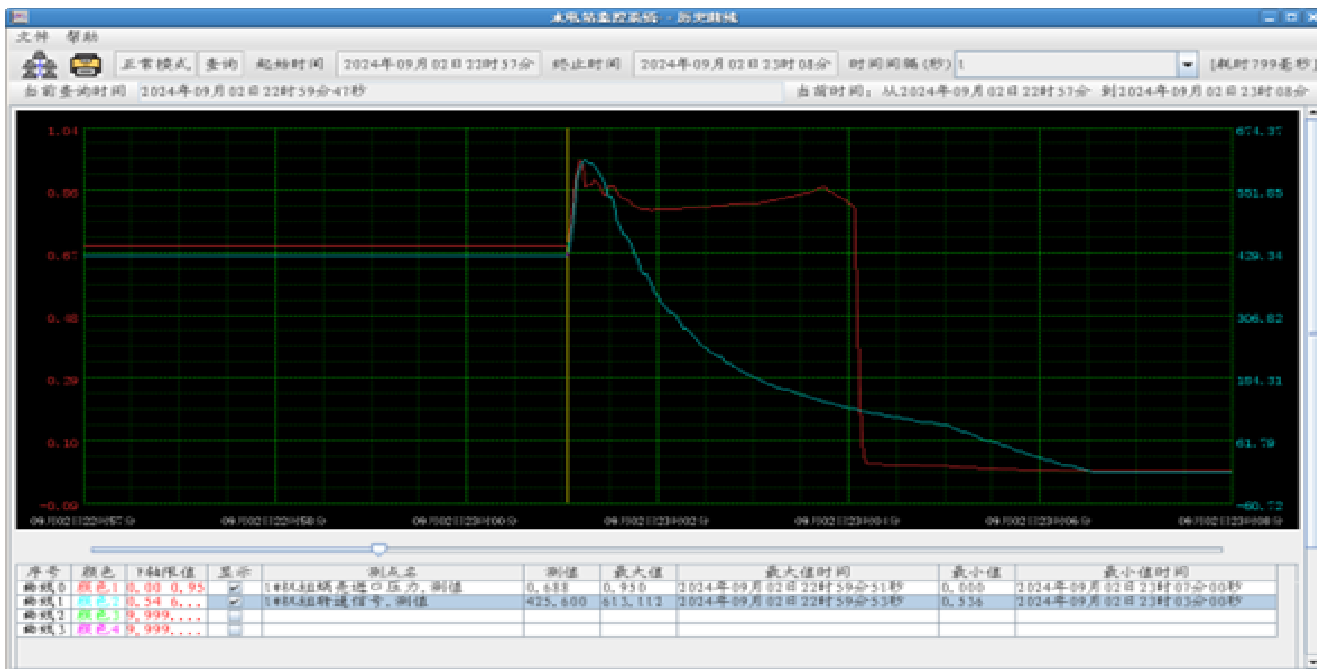


图1 调压阀动作前正常的蜗壳水压和转速

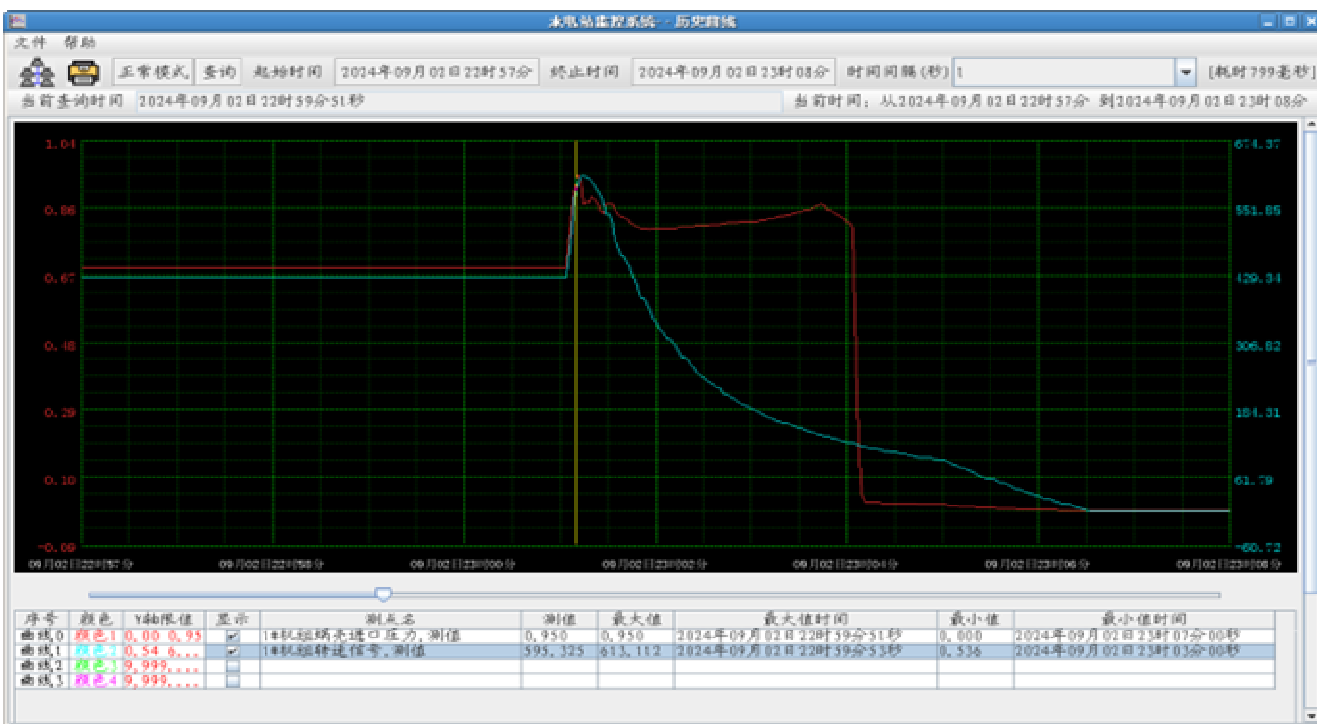


图2 调压阀动作前蜗壳水压上升到最大值

(2) 水头较高水锤压力也就越大,对引水管道末端的压力钢管影响也就越大。虽然通过经验积累,采用了缓坡隧道陡坡钢管的方式,但是这样的话,在隧道与压力钢管接口处自然形成不平滑的部分,不利于水流的平滑流动,在机组增减负荷或调压阀开启时可能造成瞬间水流不足,在不平滑的顶部产生不容许真空值,对引水道安全产生威胁^[2]。

1.2.3 调压阀的选用经验

(1) 由于机组负荷的变化可能引起整个引水道水锤压力的变化,在工程设计中,为了减弱该影响带来的危害,须注意研究水锤压力的延程分布并采取相应的保护方式^[3]。

(2) 导叶慢关闭可以降低压力管道内的水锤压力,但是机组速率上升较快关闭时水锤压力增大。所以,安装调压阀的机组可

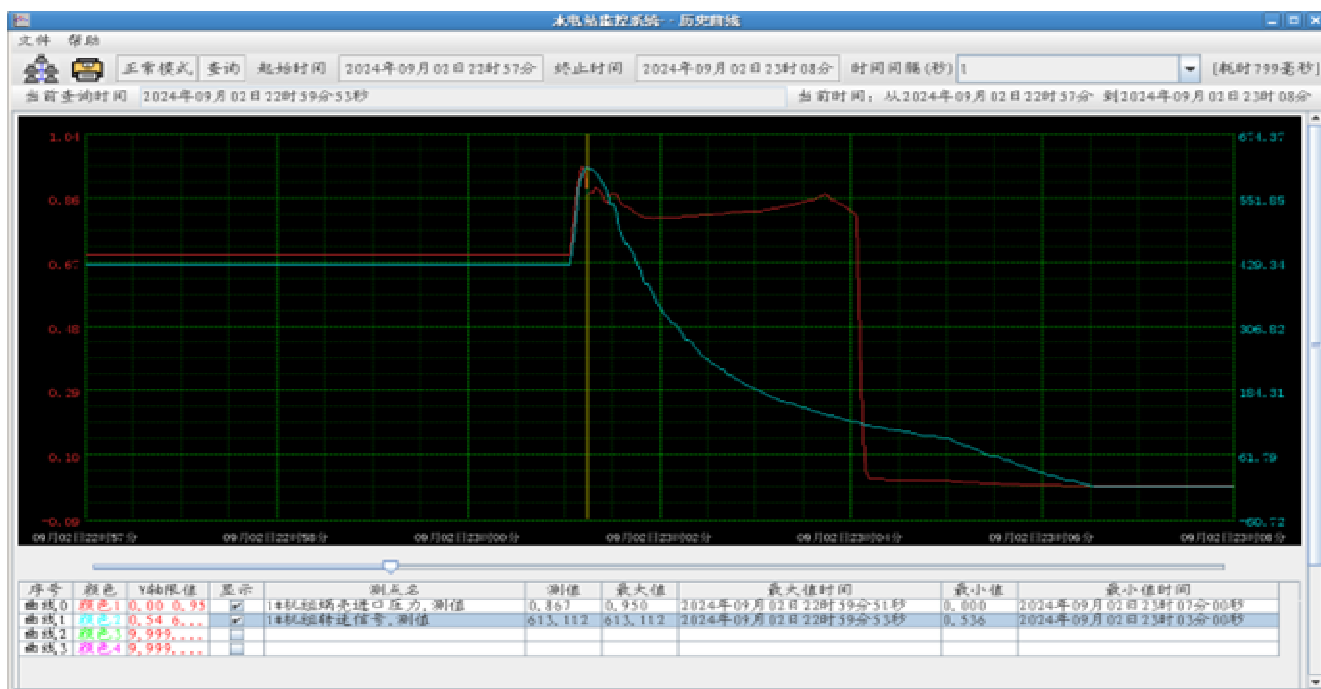


图3 机组转速上升超过额定转速140%时调压阀动作

以加强机组结构,允许较长的飞逸时间,或在压力钢管上安装安全泄压装置。从而控制住调压阀失灵时水锤压力的升高值,降低调压阀拒动带来的影响^[4]。

(3) 选择和使用调压阀时,其实际泄流规律应该与水轮机的节流规律相匹配,若选择不当,可能造成过大的压力上升或压力下降^[5]。

1.3 工程实际参数

老挝小型水电站库水位最高435m,死水位430m,尾水位350m。设计最大水头84.3m,最小水头62.5m,额定水头70m。实际水头会跟随库水位的变化、库区拦污栅前后压差的大小、尾水水位的变化、机组带负荷的大小而变化。

老挝小型水电站配套使用国产调压阀,适用于水头200m以下,泄流量 $50\text{m}^3/\text{s}$ 以下。

1.3.1 设计功能

(1) 机组在甩大负荷时,调压阀需要快速开启,同时要求导叶快速关闭,导叶关闭时多余出来的较大流量通过调压阀及时排出,从而控制引水管道、钢管、蝶阀等的压力;

(2) 机组在甩小负荷时,由调速器依据液压控制完成正常的减负荷工作,调压阀不启动。

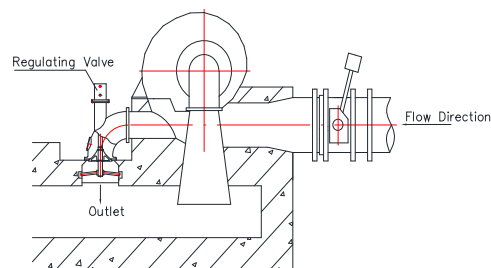
(3) 正常增减负荷时,调压阀也不启动,依旧由调速器完成所有负荷的增减。

(4) 当调压阀失灵、卡阻、不能动作时,调速器控制使水轮机导叶慢速关闭,使引水系统的压力升高不超过允许值^[5]。

1.3.2 调压阀的结构特点

该调压阀采用立式结构,具有体积小,结构简单,动作可靠、

免维护等优点。阀体为锥型密封,配套有平水栅、平衡活塞、接力器、阀杆、消能扩散管和补气管等组成。该阀门的特点有:



Drawing 1 TFL Diagrammatic arrangement of Regulating Valve installation

(1) 阀体钢管材料为Q345R,确保阀体金属性能过关;

(2) 阀座上的密封环和锥形密封盘的密封面均采用1Cr18Ni9Ti,提高止水效果和确保使用年限;

(3) 消能扩散管是阀体与水泥基体的连接管,它的作用是在蜗壳的压力水从阀口扩散到连接管时,能起到一定的消能作用;

(4) 平水栅采用钢制材料安装在调压阀的出口位置,能够有效消除从调压阀排出水的力量,起到消能的作用,减少水流的冲刷冲击;

(5) 当水从钢管扩散到连接管时,因上游水未来得及补充,管道中会产生负压,补气管的作用就是通过自然吸气补充压力避免真空;

(6) 用接力器控制阀门开启及关闭,通过设置位移开关发出调压阀开关状态;

为确保甩负荷全厂失电时调压阀的运行稳定性,其采用全

液压控制, 阀门接力器开启与水轮机导叶关闭同时也是通过液压连锁控制, 就是为了确保在失电或误操作等状态下等各种复杂情况下, 阀门可保证机组安全可靠的运行, 同时控制隧道和压力钢管的压力, 确保电站长期稳定运行, 从而提高经济效益。

2 调压阀在水电站中的应用

老挝小型水电站选用的就是混流式水轮机组, 其压力引水管道(L 为引水道长度, V 为引水道中流速, H 为最小静水头)大于30, 按要求, 需要设置调压井或者调压阀^[2]。

因老挝地质资料不健全, 采用调压井加大了土建工程的工程量、难度和风险, 有可能加大整个项目的投资。而选用调压井的方案则可以很明确的确定成本和施工进度, 通过对比, 选择调压阀是此电站的最优选择。

老挝小型水电站三台水轮发电机组额定转速为428.6r/min, 飞逸转速845r/min; 水轮发电机组发生甩负荷后, 调速器会快速关闭导叶, 蜗壳水压会快速上升, 机组转速会快速上升, 当转速上升超过额定转速的140%(600.04r/min)时调压阀开始动作, 将导叶关闭时减少的大部分流量通过调压阀排出, 从而限制蜗壳和引水系统的水压, 限制机组转速上升; 电气超速设定值为额定转速的140%, 机械超速设定值为额定转速的145%。两种超速动作时调压阀都会动作:

老挝小型水电站调压阀正常工作油压8.5-10Mpa, 调压阀要求快速开启, 慢速关闭; 当调压阀动作时, 设计调压阀全开时间为3-5s, 设计全关时间为90-120s。

2.1 运行数据

2.2 运行数据分析

从几张图片中可以看出一次调压阀动作时机组蜗壳水压和转速的上升情况, 2024年9月2日, 库水位435m, 尾水位353m, 三台机组同时带满负荷36MW运行, 运行中发生115kV线路故障出线断路器跳闸, 造成三台机组同时甩负荷停机。选取了#1机组的蜗壳水压上升和转速上升曲线得知, 在机组甩负荷前#1机组蜗壳水压0.688Mpa, 转速425.6r/min。在机组甩负荷后, 调速器快速关闭导叶时, 蜗壳水压4s后上升至最大0.95Mpa, 转速5s后上升超过额定140%, 随后调压阀动作, 调压阀全开时间3s(满足设计要求), 调压阀动作时蜗壳水压已经开始回降了, 反映出老挝小型

水电站机组设计安全合理, 转速6s后上升至最大613.11r/min, 随后开始回降, 较好地限制了引水系统水压, 确保了引水系统设备的安全, 也反映出老挝小型水电站调压阀总体设计安全合理, 电气超速保护设定值合理。

调压阀动作后, 通过人工实际检查后手动回归调速器进行关闭, 全关时间98s(满足设计要求)。

2024年1月至8月, 电站外网115kV线路故障失压造成机组事故停机共7次, 尤其在雨季, 因地质灾害造成事故更加频繁, 水电站安全运行受到严重考验, 调压阀是否有设计预期作用, 将直接影响电站整体经济效益^[5]。

电站管理团队在机组大修期间派专业工程师进入压力钢管和隧道内部检查, 内壁完好, 无损坏迹象和趋势, 水轮机组各过水部件也保持较高质量, 电站运行这么多年以来调压阀对水轮机和隧道一直保持良好的保护作用。

3 结语

从老挝小型水电站运行7年以来数据, 国产调压阀完全可以达到设计要求, 自身运行稳定, 保证电站安全生产, 而且老挝小型水电站调压阀相关数据选择合理, 可供相关同型水电站参考选用。

[参考文献]

- [1]刘卓娅.调压阀在中小型水电站调压系统设计中的应用[J]西北水电,2014,(1):66-70
- [2]陈丹.冲击式水轮机长引水道电站系统调压室优化设置[J].水电能源科学,2006,24(6):79-82
- [3]李东辉.水电站设置全油压控制调压阀的探讨[J].浙江水利科技,2003,(4):13-15
- [4]林晓红.TFW型调压阀在水电站设计中的选型计算[J].新疆水利,1998,(6):42-47.
- [5]佟文敏.国外长压力引水系统水电站不设调压井的动态综述[J].四川水利科技,1984,(2):104-112.

作者简介:

韩昊霖(1985--),男,汉族,山东人,硕士研究生,高级工程师,从事水电项目国际BOT全过程精细化管理研究。