

铜街子水电站的技术改造

刘全保

(龚嘴水力发电总厂,四川乐山,614900)

摘要 针对1992年底新投入运行的铜街子水电站主机及辅助设备存在的主要问题,电站进行了大量的技术改造和消缺,历时3年,使原不能正常运行、事故频繁的现象得以消除,现已连续安全运行600余天。

关键词 技术改造 新设备 新技术

铜街子水电站位于乐山市境内,系大渡河梯级开发的最后一级电站,坝址距上游已建成的龚嘴水电站31.9 km。铜街子水电站是一个以发电为主,兼顾漂木和改善下游通航条件的综合水利枢纽工程。本工程由成都勘测设计研究院设计,电力工业部第七工程局施工,自1985年进入主体施工,1986年11月11日截流,1992年12月26日第一台机组发电,到1994年底4台机组相继全部投入运行。

铜街子水电站装有4台ZZ440-LH-850, SF150-68/12 800水轮发电机组,每台机组额定功率150 MW,共计600 MW,主机及主要附属设备为东方电机厂制造。

铜街子水电站自1992年12月投运以来,由于种种原因,事故频出,主附设备均存在严重问题,尤其是附属设备事故不断,严重威胁安全生产,甚至危及电网的安全运行。我厂在四川省电力工业局的正确领导和大力支持下,组织了大量资金、人力、物力,从1993年冬季检修开始,至1996年底历时3年左右的时间,对该站4台主机系统存在的重大缺陷进行了技术改造。对励磁系统、调速器系统进行了更换,对220 kV系统GW₄-220进行了更换等等,取得了成功。1996年底改造完毕以后,现已连续安全运行600余天。这期间我们做了大量的技术改造,技术更新工作,详细情况如下:

1 水轮机部分

(1)真空破坏阀动作后不能关闭。1996年6月29日,由于11号机真空破坏阀在机组甩负荷时开启后不能关闭,大量冒水将水轮机室淹没,造成停机一周进行处理。12~14号机停机时真空破坏动作经常不能复归,向外大量冒水。经我们认真研究后发现该真空破坏阀阀杆与尼轴套间隙设计偏小,经水泡后就更小,尼龙轴套抱轴现象以致动作后发生卡死,现经电厂增大间隙处理后,4台水轮机真空破坏阀

运行情况良好。

(2)调速环锁锭装置由于结构不合理,该结构一侧给油,锁锭投入时由弹簧完成,由于弹簧经常卡死起不到锁锭作用。后经我们改造,取消弹簧,改为双侧供油,即无论开启或关闭均由油压实现,再也没有发生卡死现象,现运行情况良好。

(3)水轮机轮叶联结螺栓堵板在运行中脱落,严重威胁到水轮机的安全运行,究其原因因为安装单位焊接质量差,堵板内为空腔,后经电厂填充为实体再焊接,就再没有发生脱落现象了。

(4)调速环抗磨块一底瓦和侧瓦,厂家设计抗磨瓦材料为尼龙1010,在很短时间内即被磨损,甚至连把合螺栓也被剪断,且结构也不合理。经电厂将尼龙瓦改为铜瓦并改进其结构,至今运行良好。

2 发电机部分

发电机推力轴承。铜街子水电站发电机推力轴承为单波纹弹性油箱双层瓦结构,簿瓦瓦面为巴氏合金,又因为水轮机为转桨式,轴向推力十分巨大,比压高。首台机组推力轴承安装时,在厂家代表直接指导下进行刮瓦,经空转试验,扰动试验,推力瓦温一直正常。在经过50%、75%、100%连续甩负荷后,未停机又运转,四五分钟后,推力瓦温突然升高,经停机检查,18块瓦全部“烧”了。在厂家代表直接指导下又进行了第二次刮瓦,仍未过关。第三次刮瓦是在东方厂各位专家的指导下对瓦面进行特殊处理,勉强可以运行,历时一个多月,刮瓦工作异常艰苦,且投入运行后也不可靠。分析原因主要是瓦面不均热变形所致。这种瓦面有一套高压油顶起装置。运行单位想到这种瓦运行检修都非常复杂,可靠性极差且有巨大风险,于是我厂在局大力支持下,引进了俄罗斯制造的聚四氟乙烯金属塑料瓦,该瓦不需要高压油顶起装置。4台机运行至今,情况良好,充分体现安装简便,无须刮瓦,运行可靠的优点。

3 调速器部分

(1)电调装置。铜站原采用的是东方电机厂生产的 DST-150 电液调速器,该调速器电气装置采用大量分离元器件,集成程度很低,插件多,元器件质量差,易损坏,可靠性差,检修维护所需时间很长。

(2)电液转换器经常发卡,不能调整负荷,事故甩负荷时造成二级过速动作。

(3)辅助继电器针塞发卡,造成有功瞬间达 190 MW,超过额定负荷 40 MW。

(4)桨叶回复用钢丝接头时有拉断。

(5)机械协联机构发卡不能自动协联。

(6)油过滤器质量差,造成机械柜经常发卡。

上述问题造成数十次停机处理。

为解决上述问题,我厂进行了大量的调查研究工作,将电调柜改用南京自动化研究院生产的 SJ-700 双微机调速器。由于该产品硬件少,所有功能软件化,并有自行诊断功能。同时,该装置实现了调试智能化,检修维护相当方便。机械柜改为南自院生产的 DST-150-4 型液压柜,电液转换器使用德国新型液压比例技术——伺服比例阀,大大提高了机组运行的可靠性。

4 励磁系统

(1)励磁调节器。原东方电机厂生产的 DLS-24B 型调节器是采用分立元件和集成元器件相结合的产品。存在着结构复杂,元器件多,调节速度慢,精度低,维护调试困难,运行可靠性差,故障率高等缺点。因其元器件质量不过关和制造工艺等原因,而多次发生误强励,励磁调节器手、自动切换,保护动作停机。如 1992 年 9 月 16 日 11 号机第一次开机做发电机灭磁试验,当发电机为空载额定测量调节器单元报表板电压时发电机突然过电压烧毁 SC-20 录波器一台(误强励所致)。1993 年 3 月 8 日下午 11 号机 3 号功率柜发生爆炸,3 号功率柜烧毁报废,调节器稳压电源板、脉冲板、适应器单元共 13 个单元板全部烧毁,造成重大事故,停机检修 27 d,经事故分析是由于调节器误强励所致。1995 年 8 月 30 日 14 号机 5 号功率柜爆炸;1995 年 9 月 30 日调节器故障事故停机;1995 年 1 月 1 日 14 号机励磁调节器故障,4LB 励磁变声音异常被迫停机处理等都属励磁调节器故障,属设备质量问题。1993 年 5 月 3 日、12 月 22 日,1994 年 7 月 20 日、10 月 13 日调节器手动调节单元 MR 多次发生故障。1994 年 3 月 29 日 12F 自动跟踪单元故障,1995 年 1 月 27 日 12 号机脉冲检测单元故障。1993 年 7 月 21 日 12 号机带满负荷下作常规切计算机操作时,由于励磁调节器

15 ZJ(3)(4)按点接触不良造成机组失磁,保护低压过流动作事故停机,1993 年 7 月 24 日再次发生该类事故。1993 年 9 月 22 日,9 月 27 日由于 63RR 接触不良在切换过程中发生失磁保护动作事故停机。1996 年 3 月 12 日和 1996 年 3 月 25 日,14 号机励磁调节器两次误强励而烧毁转子过压保护柜两次,使得被迫提前结束机组试生产期而转入检修,进行相关设备的改造工作。

(2)励磁功率柜。原使用的是东方电机厂生产的 DLS-25B 励磁功率柜,存在着输出电流小,单柜输出仅为 500 A,单柜 12 个可控硅,存在着均流系数不易满足,分断电流大时会造成爆炸事故,而且功率柜风机对厂用电要求苛刻,由于厂用电中断,风机停运 3 min 后功率柜自动退出,造成机组失磁事故停机,严重威胁电厂安全生产及正常送电。

1993 年 3 月 8 日,11 号机 3 号功率柜发生爆炸,造成重大事故,停机 27 d。1993 年 2 月 28 日 11 号机 3 号功率柜阳极开关合闸线圈烧毁。1994 年 3 月 27 日 12 号机 1 号、2 号功率柜阳极开关拒动。1995 年 2 月 15 日 12 号机 1 号阳极开关合闸拒动。1995 年 2 月 13 日 13 号机 3 号功率柜输出电流偏小,经查有一可控硅烧坏。1995 年 6 月 28 日 14 号机 1 号功率柜输出电流偏大,经查均是由于有一可控硅被击穿所致。

(3)灭磁开关。灭磁开关原采用的是 DM₂-2 500 型灭磁开关。该开关结构复杂,易产生拒动、误动,尤其是灭弧触头最易烧损,每次动作都必须对 FMK 的触头、消弧室、跳合闸机构进行检查。运行、调试、维护难度大,可靠性差。如:1993 年 8 月 16 日 11 号机开机过程中 FMK 冒烟,消弧触头烧毁,此类事故在 14 号机还出现过两次,造成停机 6 d。1992 年 9 月 16 日,11 号机升压过程中,FMK 合闸线圈过热,同年 11 月 19 日 11 号机 FMK 在事故停机过程中有跳跃现象,同年 11 月 20 日 11 号机 FMK 分合试验时拒跳,11 月 21 日 9:50,FMK 在无人操作无电气事故情况下自动分闸。

综上所述,该励磁调节器系统难以维持电站安全运行,我厂在做了大量市场调查以及技术上的可行性研究后,改用了南京自动化研究院生产的 SJ-820 双微机励磁调节器,因其结构简单,技术先进,投运以来,一直安全可靠。

励磁功率柜更换为广州电气科学研究院生产的 GGL21-1500/400 型功率柜,投运以来没有出现任何故障。

灭磁开关采用了上海立新电器厂生产的 DM₄

双断口灭磁开关。该开关结构简单,动作可靠,调试、维护方便,从未发生拒动、误动现象。

5 电气制动系统

使用的是东方厂配套生产的电气制动系统,由于该系统闭锁条件多,经常不能正确动作、同时交、直流侧开关质量差,多次发生烧坏开关触头和线圈,同时我厂已对机械制动系统进行了技术改造,制动板采用了东方厂生产的先进铜基材,解决了机械制动系统对发电机的污染问题,故电气制动系统已退出运行。

6 测温系统

原采用 XCT-112A 型测温表计,自投产发电以来相继出现了表计损坏,指示报警误发信号,常出现温度计指示大幅度摆动。由于测温系统故障先后发生了 12 次事故停机。由于测温系统运行不可靠,被迫多次退出温度过高停机保护。

为解决这一问题,将 XCT-112A 表计更换成北京硕宇公司生产的 SD401 微机测温系统,但由于该装置本身设计和质量问题,运行状况还不很理想,有待进一步改进。

7 发变组保护装置

铜站机组投产时使用了阿城继电器生产的 FB 组保护装置,该装置在运行中缺陷较多,不能完全适应大机组对保护装置的要求,其主要表现在:

(1)设计存在缺陷。在 11 号机试生产期间,机组励磁系统发生失磁事故,而相应的失磁保护未正确动作,经分析确认为设计的原理图存在缺陷所致,经电厂查出,成勘院修改设计接线后,失磁保护动作正常。

(2)装置接线错误。机组(13FB)发生失磁故障,失磁保护装置未动作,经查线发生装置本身接线有误,三级管管脚接错等,且装置元件无接线图。

(3)装置元件质量差。因管子质量问题,曾多次出现运行中(无任何故障情况下)保护动作灯亮(如低压过流保护,发电机定子接地保护,主变零序保护,失磁保护等),主变零序保护装置曾更换多个器件。

(4)电源插件故障率较高,且无符合实际的原理图。

铜街子电站已将发变组保护装置改为南自厂的 WFBZ-01 型微机发变组保护装置,该装置运行维护方便,但仍存在抗干扰能力差的缺点。

8 变配电设备

(1)主变压器。11B-14B 主变由沈阳变压器厂生产。不同程度的存在油介损超标,其中 11B 主变最

严重,为此,我厂特请沈阳变压器厂、局生技处、局试研院、西安热工研究所的领导和众多专家多次共同分析原因,经处理后,有所改善,但未找到彻底解决此问题的方法。

(2)隔离刀闸。铜街子电站隔离刀闸由沈阳开关厂生产。自安装投运以来,先后发生了 5 次不同编号 GW₄-220 型隔离刀闸的上节瓷瓶颈部断裂脱落。

(3)1995 年 4 月 10 日,G2901B 相靠油开关侧上节瓷瓶颈部断裂脱落。

其中 1995 年 2 月 14 日 G2602B 相上节瓷瓶部断裂脱落,造成母线短路全站停电 7 h 的重大事故。

可以看出,GW₄-220 型隔离刀闸基本上集中在 B 相地刀侧上节瓷瓶颈部,在运行合闸操作时发生瓷瓶断裂。主要原因在于上节瓷瓶抗弯强度不够,部分引线弧垂偏小,对瓷瓶拉力过大,瓷瓶旋转晃动,构件机械加工粗糙,合闸到位分散性大,操作机构与 B 相瓷瓶底直接盘相连再向 A、C 相延伸,B 相转动力矩大,易使 B 相瓷瓶转动变位,触头无法进入触指内,地刀设计不合理,合闸时给静触座很大的向上推力,易使瓷瓶内部受损,触头端部偏平,不易滑入触指内而抵触断裂。

我厂将铜站带地刀的 17 组隔离刀闸全部更换为西安高压开关厂生产的 GW420 型隔离刀闸,再也没有发生过瓷瓶断裂现象,提高了设备运行的可靠性。

除上述之外,油开关、电压、电流互感器、自动化元件、监控系统、厂用电系统、安控装置、水工溢流设施、机组进口门等系统均不同程度地存在一些问题,我厂对其进行了大量的技术改造和消缺工作,使上述系统运行正常。

目前尚遗留的重大问题有关于 11F 摆度问题。11 号机组安装时,盘车的轴线摆度数据符合国家标准。空运转时,各部摆度、振动数据符合标准,但加励磁后摆度、振动均严重超标。在试运行及机组大修期间,对可能产生的原因进行了认真的分析处理,但未见好转,并请局生技处、局试验研究院、东方电机厂、水电七局安装处等有关单位的专业技术人员多次进行现场实验、测试,多次进行专题会议分析,但其摆度严重超标的原因仍未明确找出。11F 仍处于人工监控下运行。

总之,铜街子电站建成投运以后,水轮发电机组及附属设备系统,主机的制造、安装质量是好的,但附属设备系统从设计制造安装方面来看均存在严重问题,投运后根本不能保证安全生产。

(下转第 82 页)

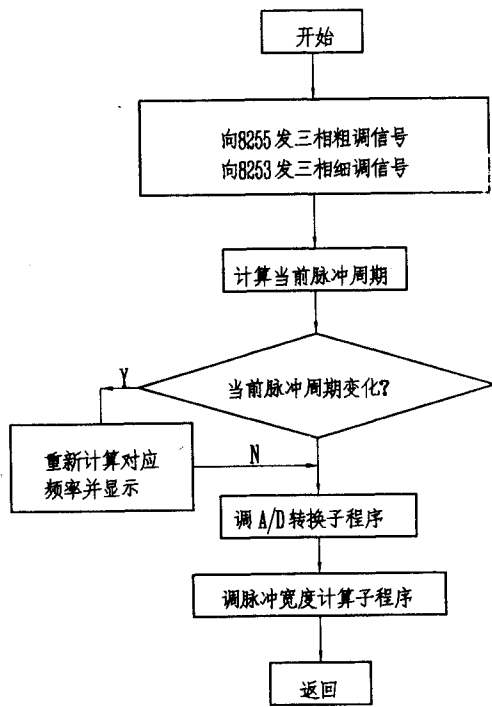


图4 HSI中断子程序框图

进行A/D转换,检测实际频率);

(6)等待中断的同时,判断是否有键按下,并做相应处理;

(7)判断实际频率是否大于45 Hz和小于55 Hz,如满足,表明工作正常。否则关中断,发频率过小或过大信号并返回程序开始。

图3、图4给出了主程序和HSI中断子程序的方框图。A/D转换子程序、8255/8253触发脉冲子程序和键盘子程序省略。

5 小 结

该负荷调节器在50 kW的微型水轮发电机组上进行了试用,运行良好。实验结果如下:

- (1)转速死区小于0.2%;
- (2)频率控制范围在49.3 Hz~51.7 Hz;
- (3)能有效地平衡三相电流的不平衡。

通过实验证明,该负荷调节器具有较好动态品质和静态品质,而且价格较便宜。在微型水轮机组中,该负荷调节器是一种较佳稳频稳速调节装置。

参 考 文 献

- 1 陈宝江等. MCS单片机应用系统实用指南. 北京:机械工业出版社,1997
- 2 朱明、钱莉莉、林沪生. 通信电源集成电路手册. 北京:人民邮电出版社,1996
- 3 《中国集成电路大全》编委会. 中国集成电路大全. 北京:国防工业出版社,1995
- 4 《实用机械电气技术手册》编委会. 实用机械电气技术手册. 济南:山东科学技术出版社,1994
- 5 中华人民共和国机械工业部. JB/T7072-93水轮机调节器及油压装置系列型谱,1993
- 6 任成玉. 计算机控制技术与系统. 北京:水利电力出版社,1986

作者简介

余波 男 四川工业学院动力工程系水动教研室 主任 讲师 学士

王军 女 四川工业学院电气工程系 讲师 硕士

李树白 男 四川工业学院基础部 助教 学士

吉雷 男 四川工业学院动力工程系 助理工程师

(收稿日期:1998-03-30)

(上接第79页)

主要对策:

(1)制造厂家不仅要保证主机质量,也应该提高附属设备的制造质量。

(2)设计制造时,尽量采用国内外最先进的技术,提高设备运行的可靠性。

(3)电厂接收后要加强对技术改造和消缺,尽量引进国内外最先进的设备和技术,为电厂长周期安全生产奠定良好的物质基础。

龚嘴水力发电总厂铜街子电站技术改造已取得很大的成绩,作为设计、制造、安装单位应该从铜街

子电站投入运行以来发生的一系列问题中吸取经验和教训,走出“新电站投运之时,就是技术改造之日”的怪圈,力争做到新电站一投运就能保证其主附设备长期安全运行,达到一流水平,这不仅具有重大的经济意义,而且也具有非常重大的政治意义。

铜街子电站现正紧张地进行自动化改造,将于1999年底前完成,到时该站将实现无人值班,使其达到国际一流水平。

作者简介

刘全保 男 龚嘴水力发电总厂 副总工程师 高级工程师

(收稿日期:1998-02-13)



■ 考察瀑布沟坝址 江宇 摄



■ 考察深溪沟坝址 江宇 摄

由四川省电力局和四川省水力发电工程学会倡议，四川省人民政府组织的大渡河水电考察团于1998年5月11日至5月16日对大渡河进行了考察。



■ 《四川水力发电》召开四届二次编委会 (1998.4.20-21)

活动 掠影



■ 省学会召开常务理事扩大会议 (1998.3.20)



■ 马怀新理事长讲话

摄影报道：李燕辉