

四川美姑河流域梯级电站 水轮发电机组调速系统应用对比分析

马桂方

(四川美姑河水电开发有限公司,四川 成都 610041)

摘要:水轮发电机组调速器控制系统是水轮发电机组特有的关键控制域,对水轮机调节控制起到重要作用,论文通过四川美姑河水电开发有限公司所辖柳洪、坪头两级电站在水轮机调速系统的结构特点、工作原理及实际应用等方面的对比分析,提出相关的运维指导建议、常见问题处理方案和改进发展方向,以为本流域水轮发电机组调速系统调节控制概况作定性评估,并为同量级水电工程相关设备管控提供参考与借鉴。

关键词:美姑河;梯级电站;水轮发电机组;调速系统;对比分析

中图分类号:TV7;TV735;TV737

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)增2-0113-03

1 概述

柳洪水电站为美姑河流域“一库五级”开发方案中的第四级水电站,装有3台高水头立式混流式水轮发电机组,设计水头358 m,单机容量为60 MW,总装机容量为180 MW。坪头水电站为第五级开发电站,设计水头279 m,装机容量、机组类型与柳洪站相同。柳洪水电站三台(套)发变组分别采用单元接线,而坪头水电站采用“单元+扩大单元”接线,两站GIS升压站均采用单母线汇流接线型式,站间采用一条220 kV坪柳线连接,分别经220 kV主变压器升压后,由柳水电站再通过220 kV柳美线连接至美姑河开关站,最终将电力输送至四川电网。

2 两站调速系统结构及工作原理

现代水轮机调速器一般由频率(转速)测量机构、控制和调节决策机构、执行机构三大部分组成,三大机构的综合作用构成闭环自动调节系统,从而维持水轮发电机组的频率恒定,保持了水轮机水能输入和电能输出的平衡。

(1)基本构成及功用。

柳洪水电站发电机组采用武汉三联水电控制设备有限公司生产的BWT-80-4.0微机调速器,该调速器由电调柜和机调柜构成,其中电调柜为全数字式可编程控制逻辑微机电调装置,是调速器接收并发出调节和控制指令的控制单元;机调柜采用无油步进式电-位移转换器进行导叶调

节的调速器液压机构,是调速器的执行单元。坪头水电站采用的调速器为南京南瑞集团水利水电技术分公司生产的PAFR-2000型微机调速器。该调速器硬件系统同样由电调柜和机调柜构成,各硬件系统所发挥的职能功用与柳洪水电站基本类似。

柳洪水电站与坪头水电站调速器微机电调系统同属双套冗余配置,提高了水轮机调速系统的运行可靠性,降低了系统故障率。

(2)工作调节原理特点。

柳洪水电站采用的BWT-80-4.0微机调速器的典型特点为“采用位移输出转换元件”的电液随动系统,步进式电位转换器作为主配压阀随动系统的前置级控制共包含三级液压放大,如图1所示。

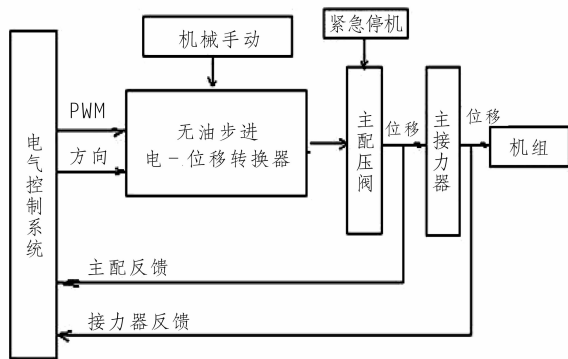


图1 BWT-80微机调速系统原理框图

第一级,无油步进电机、滚珠丝杆付、定位复

中弹簧组成的步进式电位转换器;

第二级,由引导阀和辅助接力器构成的液压放大器;

第三级,主配压阀和主接力器。

坪头水电站采用的 PAFR-2000 型微机调速器属于“采用流量输出转换元件”的电液随动系统,该类型调速器对水轮机的调节方式有三种:

第一种,自动控制通路,正常情况下的通路为:电气控制柜输出控制信号(连续电压)→伺服阀功放→伺服比例阀→切换阀→主配→接力器;异常情况下的通路为:电气控制柜输出控制信号(断续脉冲)→容错控制阀组→切换阀→主配→接力器;

第二种,紧急控制通路,紧急停机操作是通过操作紧急停机阀完成的,其直接控制主配压阀完成关方向动作;

第三种,手动控制通路,手动控制开关(断续脉冲)→容错控制阀组→切换阀→主配→接力器。通过主配压阀自动复中和模拟式导叶开度传感器保证接力器稳定在某个位置。

结合以上控制方式,坪头水电站调速器控制原理框图见图 2。

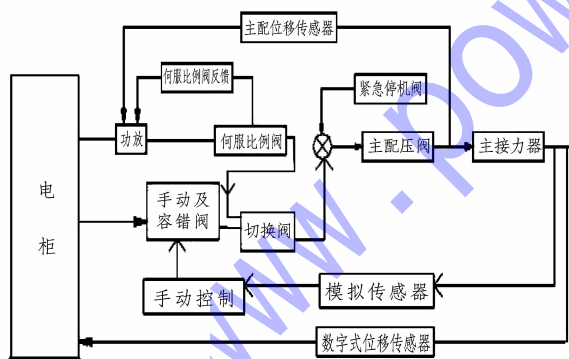


图2 PAFR-2000 微机调速系统原理框图

通过以上两种调速系统的原理对比,在两者主配压阀前置级反馈方式上,柳洪水电站调速系统的驱动源采用了步进电位转换器的电机转换和引导阀辅助接力器液压传导的综合作用,而坪头水电站调速系统驱动源则在采用了伺服比例阀本身的电液转换,主配压阀由电液伺服比例阀控制,为一级流量放大,在前置级输入上更为直接。

(3)液控调节系统具有的特点。

由于柳洪水电站与坪头水电站采用的调速系统类型不同,主配压阀以下控制油路选用的设备也有所不同,柳洪站主配开启腔与主接力器开启腔油管路间串联 DX-1 分段关闭装置,配管简单,空间布局简洁。坪头水电站调速器主配开启腔管路与两接力器的开关腔管路之间串联一台事故配压阀(附带有电磁配压阀),同时设置一台液控阀,控制油路略显复杂,焊接部位则过多。

3 两站调速系统的应用概况及相关处理方法

(1)长期运行对机电元件的影响。

经试验计算,柳洪站调速器滚轴轴承的预期寿命值为 63 795 h。截至 2017 年底,柳洪水电站共发电 69.89 亿 kW·h,从机组投入商业运行至计算时,平均每台机组每日满负荷运行 10 h 左右,按该强度计算,则每台机组调速器的保守使用寿命为 17.5 a,表明柳洪站调速系统已逐渐进入故障高发期。如 2014 年 11 月,柳洪站一台机组调速器步进电机驱动器损坏,造成电机严重抽动,导叶无法正常控制,机组无法正常升速;同期,因紧停电磁阀接线绝缘下降,导致机调系统出现机械开度异常;2015 年,步进电机转动手轮销钉断裂,导致出现远方及现地调整负荷失败等问题。以上问题通过更换电气组件、重新接线检测对地绝缘、更换销钉等措施将柳洪水电站调速系统恢复正常。另外,随着运行时间的推移,液压随动系统较易造成电压反馈、零点反馈漂移,在运维工作中往往需要检查并调整机械调零位;过多的人工干预也容易改变系统特性,影响调节的质量和精度。

坪头水电站自投运至今,尚未发生机电元件损坏类故障;同时,因主配压阀具有可靠自动复中特点,不同于采用两级液压放的步进电机及引导阀组合前置,故其长期运行相对平稳。

(2)透平油质对调节阀组的影响。

柳洪水电站与坪头水电站调速器液压控制系统采用的均为 TSA-32#汽轮机油(即透平油),因两站运行年限、实际使用环境、设备工况的不同,两站油质状况也有较大的不同:坪头站油质略优于柳洪站,但由于杂质、含水量的影响,两站调速器均出现了溜负荷、油滤堵塞、引导阀或主配发卡现象。两站采用了定期切换滤油器滤芯、油质定期检查过滤及清洗阀组滤芯等方法改善了调速

器运行工况。

(3) 高油压运行对控制管路连接位的影响。

柳洪水电站及坪头水电站油压系统的控制压力均采用中压4 MPa,在柳洪与坪头两站的液压随动系统设备控制油管处渗油现象时有发生,特别是坪头水电站事故配压阀、液控阀、过速装置的手动阀安装处、法兰连接处、焊缝处均有不同程度的渗油。为改善渗漏情况,应加强巡视检查力度,经常对渗油点进行检查,紧固及更换密封,防止因小渗漏引起装置大量喷油,甚至导致油压装置失压产生设备误动。另外,虽然坪头站调速系统采用的伺服比例阀具有一定的抗油污能力,但依然要保持阀组运行环境干净、整洁,以防止因阀组浸油而影响调节精度。

(4) 测频组件对电调系统控制的影响。

长期运行以来,柳洪及坪头水电站调速系统均出现过一些测频参数故障,或是因为机组齿盘测频装置受机组振动、转速波动影响,或是因为测频装置继电器、PT二次侧端子松动造成信号复归,或是因为机组机频信号跳变引起调速器两套电调系统交替出现轻故障报警,以上情况的发生都会影响调速系统控制调节机构参数的采集,从而对执行机构造成影响,并影响到双套电调系统冗余换,降低了设备可靠性。为避免以上情况重复出现,经常性检查测频装置工况,对装置的安装、接线进行强化,及时排除故障影响,避免调速系统出现重故障而影响到机组运行。

4 两站调速器改进的方向

目前,我国在运的大中型水电机组调速系统有的采用电液转换器加伺服阀型式(或双比例

(上接第55页)

质、高效生产。踏卡水电站大坝闸门远程监控系统改造的设计思想及监控技术可供类似建设项目借鉴。

作者简介:

阀)的双电液转换单元,有的采用伺服比例阀/步进电机转换装置双套冗余电液转换器。单纯采用伺服电机或步进式自复中电/机转换装置型调速系统的情况具有明显的时代特点,在进入本世纪前后几年间投产的中小型水轮发电机组上应用居多。结合美姑河公司柳洪站及坪头站水轮机物理特性以及现代水轮机调速系统发展趋势看,柳洪站调速系统宜顺应现代水轮机调速器电液控制系统潮流,采用较为新颖的伺服比例阀调节,可按照“立足实际,可靠适用,区分等级,逐步改进,兼顾成本”的发展思路,优先对柳洪站部分机组实施改造,待积累新设备运维经验、完善安全、效益与成本的综合科学论证后,再对两站调速系统分批进行技改。

5 结语

随着我国微机电液调速器发展水平的不断提高,很多具有中国特色的水轮机调速控制技术得到了发展和运用,例如双机冗余和双机交叉冗余技术、伺服/步进电动机/机转换技术、适应式变参数调节等,美姑河流域柳洪及坪头两站调速系统正是由于采用了当时技术较为成熟的高品质设备,才保证了其水轮发电机组投运10 a间的稳定运行。但针对目前两站调速器出现的一系列问题,应从企业实际出发,对已经显露的影响机组运行、增加运维成本、形成设备隐患等问题的调速系统设备进行及早的更换或改进,以适应两站水轮发电机组安全可靠运行的需要。

作者简介:

马桂方(1986-),男,山东聊城人,工程师,学士,从事水电站设备运维技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

薛存杰(1986-),男,山东菏泽人,站长,工程师,学士,从事水电站生产运行管理和自动化技术工作;

熊磊(1986-),男,四川成都人,工程师,从事水电站自动化技术工作。(责任编辑:李燕辉)

阿尔塔什水电站大坝具备抵挡百年一遇洪水的能力

5月28日晚,由水电五局承建的新疆阿尔塔什水利枢纽大坝工程提前3天完成一期面板浇筑施工节点目标,大坝具备抵挡百年一遇洪水的能力。5月29日,公司代表、业主、监理、设计、项目部全体面板施工参建人员在面板施工现场参加了一期面板浇筑完成庆典仪式。新华叶河发电公司总经理水龙峡在庆典仪式上对水电五局取得的成绩表示祝贺,对全体参建人员致以最崇高的敬意。