

乌溪江水电厂自动化改造漫谈

姜方红 金林正

(乌溪江水电厂 浙江衢州 324000)

【摘要】 介绍了乌溪江水电厂自动化的改造和运行情况。着重阐述了对监控系统、各自动化装置和各监测、执行元件的改造情况,以满足“无人值班”(少人值守)的需要。

【关键词】 乌溪江水电厂 监控系统 自动化装置及元件 改造 运行

【数据库分类号】 SZ15 SZ11

乌溪江水电厂位于浙江省衢州市境内,由湖南镇及黄坛口两个电站构成梯级电站,每个站均有二个厂房。一级站湖南镇电站距衢州市 40 km,四台老机组于 1980 年 12 月竣工,单机容量 42.5 MW,扩建了一台 100 MW 的机组于 1996 年投入运行;二级站黄坛口电站在湖南镇下游的 26 km 处,距衢州市 20 km,四台单机容量为 7.5 MW 的机组于 1959 年投入运行,1995 年扩建了二台单机为 26 MW 的机组。这样,两站共装有 11 台机组,总装机 325 MW,在浙江电网中主要担任调峰、调频和事故备用。为了实现水电厂的“无人值班”(少人值守),提高机组运行的稳定性和可靠性,我厂从 90 年代开始,陆续对自动化系统进行了改造。改造宗旨是:除了将计算机监控系统改造成先进实用以外,关键还在于现场的自动化装置及元器件的改造,自动化装置要满足计算机监控系统对其接口的要求,自动化元件尽可能可靠齐全。

1 计算机监控系统的改造

我厂的监控系统建设起步较早,90 年代初已建成。但由于现地控制单元(以下称 LCU)以单片机为主体,完成对机组及开关站的运行参数、开关位置信号的采集和机组自动调控,上位机用 386 工控机,设备落后,且 LCU 由于工艺、质量和彼此间的通讯等问题,故障率极高,难以满足现场正常运行的需要。自 1998 年 9 月开始的短短 8 个月时间内,我厂完成了对两个站的 11 台机组及开关站的监控系统改造工作。监控系统选用北京水科院自动化所的 H9000 系统,由调度中心、黄坛口站控、湖南镇站控三个子系统组成,三个子系统间通过光纤构成 100MB 快速以太网为主通道,光纤 2MB 为备用通道实现网络互联。整个系统采用分层分布式系统结构,共分三层:梯调中心层、湖南镇(黄坛口)站级监控层及现地控制层(LCU)。其中,梯调中心的主机及操作员站、站级监控层的主机兼操作员站均采用 DEC 公司的 64 位 Alpha 500au 主机,16 个 LCU(包括 11 台机组 LCU、4 个开关站 LCU 和一个公用 LCU),各自由美国 Contec 一体化工控机和 GE90-30 可编程控制器组成,网络均采用 DEC 的网络产品,主要功能有:

- (1) 实时采集电站主要设备的运行状态、参数;
- (2) 对电站各控制点和监视点进行自动安全检测,越限报警,事件的顺序记录;
- (3) 事故、故障的原因提示,事故指导,事故的语音报警和电话自动报警及查询;
- (4) 实现了梯级及两站的站内经济运行、自动发电控制和自动电压控制;

收稿日期:2001-06-14。

(5) 实现了机组的自动顺序起、停控制和功率的闭环调节;

(6) 实现了断路器、隔离开关等重要电气设备的投、切操作;

(7) 完成了与各系统的通讯功能,包括省调、地调、厂内 MIS、工业电视、梯调返回屏、电量计费终端、水位装置、温度巡测装置以及直流电源等系统的通讯。

我厂的计算机监控系统投入运行后,情况良好,实现了通过梯调中心对两个电站的集中远方监控,为以后的“无人值班”奠定了基础。此系统已于2000年11月顺利通过了国电公司的鉴定和验收,被公认为总体技术属国内领先水平。

2 自动化装置的改造

2.1 机组现地控制单元(LCU)的改造

取消了原水机的常规控制回路,采用 GE90-360 可编程控制器(PLC)代替原由继电器完成的水机控制和保护功能,由 CONTEC 一体化工控机实现网络互联,取消了硬连接,提高了可靠性,减少了检修维护工作量,控制回路修改方便,而且每台 LCU 均是一套完整的计算机控制系统。与系统联网时,作为系统的一部分,实现系统指定的功能,而当它与系统脱离时,也能独立运行,实现 LCU 的现地监控功能。其主要功能如下:

(1) 各种数据的采集和预处理功能。接受来自现场的模拟量(4mA-20mA 标准信号)、开关量、脉冲量及进行趋势报警的温度量等信号,进行相应的处理。

(2) 数据通讯与网络通讯功能。实现与温度巡检装置、振动摆度装置、上位机等通讯。

(3) 完成各种控制功能。实现了机组的开、停机顺控,机组的运行工况转换,设备的运行方式转换、有功、无功的功率调节以及其它设备如断路器、隔离刀闸、阀门的控制操作等。

(4) 事件顺序记录功能。对事故信号进行快速采集处理,并加上时标,时间精度符合部颁的技术要求。

(5) LCU 的现地人机联系功能。通过 CONTEC 一体化工控机上的人机联系界面,实现 LCU 的现地监控功能。

(6) 系统硬件及软件诊断与自恢复功能。对 LCU 的硬件及软件进行诊断报警,并根据需要进行系统的自恢复处理、报警处理或硬件的切换处理。

(7) 时间同步功能。通过硬件和软件的同步手段,实现系统时间的同步,以满足某些功能如事件顺序记录的要求。

2.2 调速系统的改造

我厂调速器自1991年开始,就由原 DT-100 晶体管型先后更换成武汉水电控制设备公司生产的 WTS-150 型容错式双微机调速器,该调速器以 Z80 为调节核心,采用双微机单通道的工作方式,配以环喷式电液伺服阀和直连式机械液压随动系统。由于电气上固有的不足,如抗干扰性能差,高温季节故障率高;机械手动状态下的导叶开度调节无电气自动跟踪的功能,切换过程中易引起负荷波动;不具备通讯功能,无法满足计算机监控的需要等,自1994年底开始,又陆续将电气部分更新成该公司研制的 WT-S-PLC 可编程调速器。WT-S-PLC 以日本立石公司生产的 OMRON C200H 为调节控制核心,采用模块式结构,不仅具有抗干扰性能强、工艺精良、高可靠性、较强的输入/输出接口和编程语言(梯形图)简单易懂等特点,而且还有 WTS-150 型调速器无法比拟的性能:

(1) 智能适应式工况变参数的调节模式。由于水电机组的非线性,在各种工况下其特性各异,WT-S-PLC 可编程调速器就具有按工况自动变参数的功能。

(2) 以空载频率跟踪及相位调节完成适应式开机规律。这样,不仅开机速度快,开机过程安全可靠,且有利于同期装置的自动并网。

(3) 智能式处理测频故障,采用软、硬件相结合的容错测频方式。能正确判断空载运行、负载运行时的测频故障,并采取相应的措施;且利用 3 MHz 的高速计数单元对机、网频进行频率测量,分辨率可达 0.001 Hz 以上,测量精度极高。

(4) 自动跟踪机械手动,具有电手动调节功能。机械手动、电手动和自动工况间相互切换无扰动。

(5) 自动识别大、小电网,若是小电网,自动转换工况,将功率调节或开度调节转为频率调节。

(6) 按水头变化的空载开度或开度限制值,即空载开度给定、并网开度限制随水头的高低,自动变化,确保机组运行的稳定性。

(7) 串行通讯接口,具有较强的网络功能,可方便地通过 RS-232 串口与上位机通讯。

(8) 自诊断功能,能自动判断导叶反馈信号断线、PLC 故障、电源消失、局部故障等,并发出相应的报警信号。

现场应用表明,改造后的调速器运行状况良好,调节性能优越,各种性能指标均符合 GB 9652-88A 国家标准,从而方便了运行人员的操作和检修人员的维护。而且我厂机组长年 AGC 运行,调速器的随动性强,经受住了长期的考验。

2.3 励磁系统的改造

我厂湖站原励磁系统采用 TLG-6 型半控桥励磁装置,黄站采用电磁型励磁,先后多次发生故障,引起事故停机。我们针对其暴露出的问题,进行了改造,具体情况如下:

(1) 加装了自动投备励系统,确保在自励故障失励磁时自动投入备励运行,提高了机组励磁系统的可靠性和灵活性。

(2) 励磁主回路的改进。原励磁主回路为半控桥接线方式,存在着使用时间长、接线复杂、元件老化等问题。为此,我们采用了三相全控桥接线方式,其结构采用组合式插件,各有五只结构完全相同的正负组抽屉组成。

(3) 采用双微机励磁调节器代替原半导体励磁调节器,双微机完全冗余,互为备用,运行中如主机发生故障,立即自动切至热备用状态的备机运行。其主要的组成部分为信号变换器、微机、自动跟踪及切换、工作电源等,来实现最优的励磁控制,并具有多种励磁限制、PT 断线保护、在线显示和在线修改等功能。

(4) 采用双断口灭磁开关及转子过压保护装置。原灭磁开关为 DM-2 型,单断口灭磁能力差,结构复杂,常有拒动现象,并在小电流情况下不能可靠灭磁,转子无过压保护,曾多次发生灭磁开关烧坏事故,严重危及安全运行。为此,我们采用了 DM4-2500 型灭磁开关和 ZnO 非线性转子过电压保护装置。DM4 型开关是双断口的机械式开关,具有结构简单、动作灵敏、耐弧性能好、断流能力强等优点,用其配合 ZnO 灭磁,可分断任意大小电流,实现移能灭磁。

总之,经过改造,提高了励磁调节的自动控制水平,确保了可靠运行。

2.4 同期系统的改造

湖南镇电站原四台老机组共用一套 ZZQ-5 准同期装置,但由于其分立元件误差较大,并网时间长,冲击大,且维护不方便,机组并网采用手动准同期方式。自 1995 年开始,我们对同期系统进行了改造,采用了电力部电力自动化研究院的 SJ-12A 型双微机自动准同期装置,每台机组各配一套准同期装置。该装置为并联双机系统,输入回路从同期变压器后双机相互独立,输出信号经相与后输出。双机输入、输出之间既相互独立,又相互闭锁检查,由 CPU 板上串行口实现同步。它利用灰色控制理论对合闸相角差进行预测控制,对被同期对象的电压、频率实行 PID 调节,提高了同期精度,同时提高了并网速度。

自 1996 年完成改造投运至今,该装置运行情况良好,并网平稳、速度快,检修维护方便。为了

防止其电源模块因长期投电、发热严重而损坏,我们对装置的电源控制部分进行了改进,只有在开机令下达后,机组转速达到 95% 额定转速以上的条件具备后,才让装置通电,进行同期点的捕捉和发出合闸脉冲,并网一分钟后,同期装置又恢复到断电状态。经改进后,又进一步提高了装置工作的可靠性和安全性。

2.5 厂用电备用电源自动投入装置的改造

我厂原厂用电备用电源自动投入装置采用电磁型控制系统,交流采样使用普通低电压继电器,接线复杂,故障率高,手工操作频繁,自动化程度低,可靠性差,且检修维护不方便。为保证厂用电系统安全可靠,我们采用微机型变送器作为备自投装置的交流采样输入部分,利用监控系统 110 kV 开关站 LCU 中已采集的模拟量、开关量自行编制控制软件,输出回路设置软压板,完全取消现场手工操作。并将各动作、异常信号利用监控系统的实时监测功能,在上位机中设置了专门的报警窗和光字牌,使运行人员在控制室中就能实时监视备自投装置的各部分情况,大大减少运行操作及检修维护工作量,提高全厂自动化程度。

3 辅机控制的智能化改造

我厂老机组的检修水泵、渗漏水泵、厂外排水泵、高低压气机、机组压油泵,主备的运行方式切换由运行人员来定期操作,水位、气压等信号的采集手段落后,常规继电器和接触器的接线方式导致回路的故障率高,而且不能满足实时监控的需要。为了保证各辅机系统控制的独立性和完整性,我们通过各自独立的可编程控制器,即利用日本东芝 EX40 PLUS 和 OMRON C40P 可编程控制器,对辅机系统进行了改造。充分利用了可编程控制器的抗干扰性能强、环境要求低的特点,保证了日后的可维护性。综合起来看,辅机控制有以下特点:

(1) 通过 PLC 编程实现了各自二台泵之间的自动轮换起动,互为主备用。

(2) 利用 PLC 易扩展接点的特点,将各辅机的运行情况、切换情况以及水位、压力及各辅机的异常情况以接点方式送至公用 LCU,实时反映到上位机,使运行人员不用巡检就可及时掌握有关辅机的运行情况。

(3) 用磁性浮球液位控制器 UQK-6I 取代了原水位采集回路,用日本产的 TDZ-1F-C 的压力开关取代原压力控制器,增加了可靠性。机组压油泵的控制是由本机组现地控制单元 LCU 完成,通过油压信号的模拟量和开关量互为备用来共同控制,实现了油压控制的双重化。

(4) 为能准确地反映集水井的水位、储气罐的压力,我们采用了麦克公司生产的投入式液位计和压力变送器,以 4~20 mA 的模拟量,通过公用的 LCU 反映到上位机,实现水位和油压的连续测量,供运行人员监视。

(5) 水泵的控制取消了原自耦变压器和接触器等,采用全数字式交流电动机软启动控制器,使电机平滑可靠地完成起动过程。

辅机系统智能化控制的改造,基本上实现了控制系统的免维护、无操作的自动控制功能,大大减轻了检修的劳动强度,也给运行人员带来了方便。

4 自动化元器件的改造

我厂的大部分基础自动化元件都是和机组同步投运的,经常存在拒动、误动、发卡、失灵等问题。为了配合计算机监控系统实现远方监视和操作,使机组能安全可靠、连续地运行,我们对现场的检测、执行元器件进行了改造。

4.1 电磁阀的改造

我厂的水、油、风系统大多采用立式电磁阀,经常出现发卡和接点烧坏等故障。后油、水系统更

换成哈尔滨动力控制元件厂的 DFX 系列卧式电磁配压阀,风系统采用同是哈尔滨动力控制元件厂的 DKF 系列电磁空气阀。在经常动作的回路中电磁阀运行情况良好,但在主阀操作回路中却有拒动现象,究其原因,可能是操作力不够引起。结合主阀操作柜的改造,电磁阀的选型也在进行中。

4.2 示流器的改造

示流器监视技术供水,作用于报警和保护。结合监控系统的改造,我厂将原天津机电研究所产的 SLX-25 示流器改成美国霍尼韦尔的 WFS-1001-H 靶式示流器,在黄站运行情况良好,但由于湖站水头高、管径小,示流器工作不是很稳定,为此,我们在事故跳闸回路中增加了水压的判断,即水流和水压相与后才作用于出口。

4.3 转速信号器的改造

我厂的转速信号器原用武汉长控所生产的组合式测速装置,利用永磁机残压测频,由于其耐高温性能差,曾发生误动。为此,我们改用哈尔滨瑞格大电机技术有限公司的 SPCT1/3 微机转速测控器,它采用三通道并行冗余测量方式,具有硬件看门狗,软件差分抗干扰功能。由于主用是两路霍尔开关通过磁钢测速,它还具有蠕动报警功能。同时 4 mA~20 mA 的模拟量输出还可供上位机实时连续监视。

4.4 压力开关的改造

我们选用了日本产的 TDZ-1F-C 型、美国产的 CCS 型压力开关取代原磁助电接点式压力开关,用于压油泵的控制、压油装置的故障和事故报警、冷却水压、制动风压以及高、低压气机等控制,改造后的压力开关调整方便,精度高,不变位,接点开断性能可靠。

4.5 液位开关的改造

我厂上导、下导、漏油箱、集油槽等的油位监视多用导杆浮筒式信号器,依靠浮子油位的升降使导杆内的干簧接点动作来反应液位的变化。由于接点信号无记忆,不易被人发现,且无模拟量输出,已不适应现场的需要。为提高监测的可靠性,我们试用了瑞格大电机有限公司产的 KSR 磁翻柱液位计,它根据磁耦合原理,利用传感器和磁记忆开关实现模拟量和开关量的测量,不但能在上位机上实现报警和实时数据显示,还能现地显示测量,运行效果较好。

4.6 压油罐自动补气的改造

我厂以前压油罐补气、油面的调整均由运行人员手动完成,为实现无人值班,我们在湖站#2 机上试用了福建南平万新自动化公司的 JYB-12/40 压油罐补气集成装置,由机组 PLC 根据压油槽压力、液位信号对油泵、电磁空气阀、电磁排油阀进行操作,实现压油槽自动补油、排油、补气、排气的控制,以保证压油槽内油气的比例为 1:2。这套装置自 1999 年投运以来,运行情况良好。

4.7 温度测量的改造

利用机组大修的机会,我们对每台机的温度测量元件和测量装置都进行了改造。机组原巡检测温电阻为 Cu53,精度低,感温滞后,为此我们改用了 PT100 测温电阻。由合肥工业大学高技术实业公司产的 DAS-1A/B 系列多功能巡检仪来实现机组温度的巡检,并与机组 LCU 通讯,在上位机上进行实时显示和越限报警等。同时,由日本丰和(FENWAL)公司生产的 AL44L 型智能温控器取代原膨胀型温度计来实现机组温度异常的保护,它不仅在输入信号断线时不误动,而且还有 4 mA~20 mA 的模拟量输出,供监控系统采集、监视。对于参与机组保护的重要的温度量,通过机组 PLC 中的 RTD 模块采集温度,并与智能温控器输出至 PLC 的开关量一起作为冗余配置和控制,确保温度保护的可靠性。

4.8 压力、液位变送器的改造

为了能在上位机实时监视各部水压、油压和风压和相关液位,我们在机组油水风系统各测点增装了压力、液位变送器。其中压力变送器选用中美合资麦克公司的 MPM-420 压力变送器,供上

位机显示实时值和模拟量的越限报警。自投运以来,在压力相对稳定的油压、风压测量中,精度较高,运行可靠,其中压油泵的起、停控制还是通过压力变送器来实现的。但在波动较频繁的水压测量中,有一定的离散性。液位的测量选型较多,只有 KSR 磁翻柱液位计上的液位变送器和压油罐补气集成装置上用的美国产的差压变送器测量精度较高,无漂移,运行稳定。

4.9 导叶主令开关的改造

原来使用的机械凸轮式主令开关调整困难、重复性差,无模拟量输出。为此,我们选用了 DK-2-ME 增强型主令开关,运行稳定。它集机械和电气于一体,机械接点输出由磁钢和磁簧开关的机械定位控制,磁钢可在转轮圆周上随意调节,以设定磁簧开关的动作点;电气接点输出由内置的 PLC 控制,模拟量由绝对式光电编码器控制,动作点由计算机软件设定,设定值掉电自保持。它具有定位及调节简单、安装方便、可靠性高、无漂移的特点。

5 结束语

经过多年的自动化改造,我厂已于去年实现了梯调中心对黄坛口、湖南镇两电站的在线监测、实时调节和远方控制,并已于 2000 年 11 月通过了国电公司的“无人值班(少人值守)”的验收,这表明我厂的自动化改造是较成功,也是比较科学的。现场改造的经验告诉我们:选用运行成熟、高可靠性的自动化装置及元件,才能真正提高自动化水平,确保机组的安全稳定运行。我们将以现有的改造为基础,继续深化自动化改造,进一步完善非电量的采集,建立机组的状态检测系统,以实现机组的状态检修,科学地延长机组检修周期,提高机组运行效率,也为创建一流的水电企业打好基础。

姜方红 女,工程师,从事水电厂监控系统自动化工作。

金林正 男,工程师,从事水电厂电气技术管理工作。

四川宝珠寺水电厂通过“无人值班”(少人值守)验收

2001 年 12 月 6~7 日,由国家电力公司发输电部组织验收组,对四川宝珠寺水力发电厂进行了“无人值班”(少人值守)的验收。

宝珠寺水力发电厂是国家大型 I 类企业,电站装机容量 4×175 MW,以发电为主,兼有防洪、灌溉、旅游、养殖等综合利用效益,是川北地区重要的电源支撑点,承担着四川电网调峰、调频和事故备用的重任。

经过四川省电力公司、调度中心、宝珠寺电厂和南瑞自控公司的共同努力和密切配合,宝珠寺水电厂在完成计算机监控系统升级改造后,运行稳定、性能提高。特别是远程 AGC,通过联合调试,取得较好的企业效果。验收期间,对其远程 AGC 开停机和负荷调整功能及 ON-CALL 系统自动报警功能等进行了测试,测试合格。在综合评价其设备状况、人员素质、管理标准等多种因素后,对照原电力部颁发的《水电厂“无人值班”(少人值守)的若干规定》(试行),验收组认为已达到“无人值班”(少人值守)要求,通过验收,至此宝珠寺已通过一流电厂的全部考核要求。

(南瑞自控)