

水电站调速器系统的改造技术浅析

杜玉照

南京南瑞水利水电科技有限公司 江苏 南京 210000

[摘要]在电网提出“十八项反措”要求后,导叶开度信号、机组频率信号、机组功率信号通常都按“三选二”进行处理,其中导叶开度信号和机组频率信号是严格执行“三选二”,功率信号则根据机组实际运行方式来确定。鉴于此,本文依据水轮机调速器的配置及功能,剖析了水电站调速器系统改造的必要性,旨在为水电站调速器系统改造过程种软硬件应用提供参考与借鉴。

[关键词]水电站;调速器;系统改造

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2020.02.2069

1 水轮机调速器的配置及功能

1.1 配置

水轮机调速器由电气结构和机械部分组成。电气结构主要由可编程控制器和智能显示装置组成,具有多种人机界面。智能显示单元可直观地监控调速系统设定的水轮机调速及相关参数,可编程控制器直接作为调试通道。机械结构由电反馈装置、步进电机、位移传感器等组成。水轮机调速器通过调速改变水轮机机组的输出,使水轮机机组适应外部负载变化,将机组转速保持在可接受的范围内。根据机组负荷的变化,改变水轮机机组导叶的开度,根据开度调整流量,使机组转速恢复到额定值或此值过程变成了水轮机的调整,也就是调速器的任务^[1, 2]。

1.2 调速器的功能

水轮机调速器的功能是根据水电站的运行环境和特殊保护要求而设计的。根据当前智能电网的管理要求,调速器必须具备并网功能、汽轮机有功功率调节功能和自动调频功能,以保证供电系统的安全。其功能主要围绕启动、停止、调节调速器频率和调节涡轮机的处理要求而设计。调速器负责根据系统的运行情况通过调节涡轮的转速来控制导叶的开度,使涡轮的导叶打开和关闭。导叶的开度是决定涡轮转速的决定性因素。导叶开口的大小控制着水的流动,控制着它的速度和频率。在并网功能中,调速指令自动启停,自动调节频率,自动调节有功功率。调速器还负责速度偏差的监测和自动调节,执行器由主继电器控制,通过压力油改变导叶的开度^[3]。

2 水电站调速器系统改造必要性分析

为保证水电站调速系统在改造后能够长期保持高效稳定,充分在水电站生产过程中发挥关键作用,调速系统必须符合以下原则:(1)修改后的水电站调速系统必须满足《SL615-2013水轮机电液调节系统及装置基本技术条件》。(2)必须有一定的技术进步,才能满足不断变化的发电需

求。使改造后的调速器系统所采用的技术和硬件配置能够长期稳定运行,与现代电网的发展相适应。而水力发电厂则需要调速器系统。(3)实际采用成熟、适用性强的技术和设备。电气协调系统必须采用独立的CPU,同时具有安全可靠、容错能力强、抗干扰功能强等特点。在机械液压系统中,必须使用合适的滤油装置,液压设备的设计必须考虑到振动、扰动、油润滑等因素的影响,以保证机械液压系统的可靠性。(4)满足电力系统中水电站复杂的运行模式,提供完善的频率,兼顾水电站对现代电网、水电站发电和调速系统的要求。自适应变参数PID整定规则提供一整套功率自适应参数,使装置在启动、空载、系统调频、卸载等工况下具有良好的转速(频率)调节质量。参数PID节流规则允许计算机监控系统在运行模式下单调且快速地实施。

3 水电站调速器系统硬件、软件应用情况

3.1 调速器硬件部分

3.1.1 调速器电气控制器

目前主推三种电气控制器,分别是贝加莱的X20系列,施耐德的M580系列以及南瑞自产的NGS系列,其中以贝加莱X20系列使用最为广泛。每一种产品的情况见表1所示。

3.1.2 常用的端子选型

近年来,端子都是根据实际需求混合使用,主用品牌为菲尼克斯,也曾使用过万可等其他品牌。UK3N/UK5N/UN15N、PT2.5、URTK/S、UMSTBVK2.5/UMSTBR2.5四种端子型号应用非常的广泛,PT4-HESILED24端子在理论上可以提高柜内电源系统的整体安全性,但是根据实际使用的经验,在未使用熔断端子的情况下,并未统计到正常运行的机组因柜内电源短路而造成事故的案例;在使用了熔断端子的情况下,却发生了并未短路却熔断了保险丝的情况,原因是某些大功率元件在得电的瞬间可能会形成较大的瞬间冲击,因此保险丝规格可以考虑提高到6A,并将大功率的元件电源母排独立。

3.1.3 工控机

表 1 电气控制器参数

代表型号	X20P1585	M5803020	NGS6000
CPU字长	32位	32位	32位
主频	1GHz	600MHz	1GHz
内存	256M	12M	256M
测频	8MHz	60KHz	100MHz
通讯协议	Powerlink、ModibusRTU、ModibusTCP、PVI、61850等	ModibusRTU、ModibusTCP、61850等	ModibusRTU、ModibusTCP、61850等
编程语言	梯形图、st、fbd、C语言、C++等	梯形图、st、fbd等	C语言
产品周期	10年以上	10年以上	10年以上
主要应用水电站	乌东德、三峡、小湾、绩溪、大藤峡	两河口、杨房沟、水布娅	
特点	结构简单，配件少，体积小，扩展方便，测频精度高	开放式架构，可以整合远程设备、分布设备、以及同一以太网通讯网络段上的其他设备	国产化方案、与南瑞励磁NES6100、南瑞继保PCS装置共用同一平台

工控机品牌有研华、西门子、施耐德等，最近的使用以西门子377e为主。西门子377e工控机使用英特尔四核处理器，具有4G内存和256G固态硬盘。工控机内运行界面的解决方案既支持linux系统，也支持Windows系统，既能实现常规的人机交互需求，也能实现故障录波功能。例如两河口水电站使用西门子工控机377e，linux系统，界面风格如下（该界面也可用于Windows系统）。

3.1.4 伺服比例阀的选用

一般工业环境中，干扰能量一般比较小，而且多是电场干扰，特点是幅值（电压）较高但能量较小，这种干扰产生不了多大的电流却能产生很高的干扰电压，因此电流信号的抗干扰能力更强，工业应用中传输信号的标准化量值就是4-20mA的电流信号。

常见的外部电缆线径为1.5mm²，电阻值约为12Ω/km，按电柜到伺服比例阀的电缆长度100m来计算，电阻值约为1.2Ω。根据力士乐伺服比例阀的电子样本，电压型伺服比例阀的电阻值为100kΩ。根据分压定理：串联电路中各电阻电压比例恰与电阻比例相同。电缆的压降可以忽略不计，不存在明显的电压衰减。

3.2 一体化平台

按照智能化水电厂设计的导则，目前调速器数据采集装置与分析系统布置在安全 I 区，每台机组配置一个交换机，当数据传输距离较远时，交换机配置光口。

以三峡、绩溪抽水蓄能电站为例，其调速器控制器采用贝加莱的X20控制器，全场配置一套贝加莱阿波罗数据采集系统，该系统能高速采集全厂所有调速器的实时数据，最高速度可以达到50ms。B&RAPROL是一个完全集成的过程控制系统，从现场层的I/O单元到操作监视层的工作站，充分利用

了模块化结构设计。南瑞调速器在此软件平台上进行二次开发，建立了适应调速器需求的实时录波和历史数据存储的功能。为了保证调速系统数据记录的及时性和数据存储的稳定性，配置了一套独立的工业服务器和显示器。该服务器和显示器放置于计算机室。

其优点是：（1）运用稳定、可靠、安全的网络通信技术，在服务器端能够建立起数据中心实时采集调速器PCC-X20的实时数据（以太网接口），同时能够管理所需要的各类报表、曲线等，满足客户对系统维护、监控、审计追踪等功能，尤其是ms级别录波功能的实现，采集精度为100ms采集一次。（2）连入内外的PC机，通过必要的权限设置，可以随时访问APROL平台所记录下来的实时数据；相关数据可以导出成XML或者CSV等开放格式。（3）支持30天的数据存储；超过后自动覆盖老数据。（4）支持以太网对时服务器，数据接口形式：NTP协议。

4 总结

综上所述，调速器通讯方式主要有MODBUS-RTU、MODBUS-TCP、IEC-61850、PVI、PROFIBUSDP/NETPVI。目前IEC-61850通讯方式实现得较少。目前数据高级应用包含统计分析功能、健康状态评价、设备管控及智慧运行检修平台技术等。

参考文献

[1] 陈大刚. 水电站调速器系统改造技术探讨[J]. 信息周刊, 2019 (31): 1.
 [2] 郑冰涛. 凤滩水电站水轮机调速器改造设计及应用研究[D]. 重庆大学, 2020.
 [3] 胡小刚. 水电站调速器系统事故配压阀渗漏事故的分析与处理[J]. 广东水利水电, 2018 (07): 57-61.