

大渡河安谷水电站调速器的选型设计

张海江¹, 余林²

(1. 中国水电建设集团圣达水电有限公司, 四川 乐山 614013; 2. 中电建水电开发集团有限公司, 四川 成都 610041)

摘要:水轮机调速器担负着完成开停机、负荷增减、紧急停机、发电自动控制等任务,是水电站的重要设备之一,因此,调速器设备的设计选型关系到电站运行的安全可靠。结合安谷水电站轴流转桨式机组特性,就水轮机设计、选型进行了简要总结。

关键词:安谷水电站;调速器;选型设计

中图分类号:TV7;TV735;TV22

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)01-0081-02

1 工程概况

安谷水电站是大渡河干流梯级开发中的最后一级,坝址位于大渡河安谷河段的生姜坡,上游距已建的沙湾水电站约 35 km,下游距乐山市区约 15 km。

安谷水电站的装机容量为 772 MW,装设 4 台单机容量为 190 MW 的轴流转桨式水轮发电机组(1~4#机组)和 1 台 12 MW 的轴流转桨式水轮发电机组(5#机组),水轮机型号为 ZZD706-LH-865。安谷水电站正常蓄水位高程为 398 m,额定水头为 33 m/21 m,设计引用流量为 $2\,576\text{ m}^3/\text{s} + 64.9\text{ m}^3/\text{s}$ 。

安谷水电站调速器选用武汉长江控制设备研究所有限公司生产的 WDST-200-6.3 型调速器,为可编程双微机控制、双调节调速器。

2 安谷水电站水轮机调速器选型设计的基本原则

安谷水电站水轮机调速器选型设计主要遵循以下基本原则:

(1) 对调速器结构的选择。选择当前主流结构模式,满足技术先进性要求。

(2) 对技术性能指标的选择。能达到国际标准和行业标准所规定的各项性能与技术要求。

(3) 对调速器各项功能设置的选择。选择能满足区域电网要求以及能保障电厂安全发电和综合自动化的需要。

3 安谷水电站水轮机调速器的选型设计

3.1 调速器总体功能要求

收稿日期:2017-09-25

根据电站运行需要,安谷水电站调速器应具有转速控制、开度控制、功率控制、开停机和紧急停机控制、快速同步、导叶开度限制、导叶与桨叶协联、频率跟踪控制、适应式变参数、在线自诊断及处理,能实现现场及远方的手动、自动进行水轮机启动、停机、紧急停机、快速同步等功能。其必须具备投入一次调频功能。当电网频率波动时,应自动参与依次调频。发电机组一次调频应满足《华中电网发电机组一次调频技术管理规定(试行)》(华中电监市场[2006]32号)的技术要求。应具备 AGC 功能,满足电网调整要求,调整速率原则上不小于 $80\%/min$ 的额定负荷。

调速器内部发生故障时,不造成水轮机运行不稳定和出力波动。在外部系统事故时,能保证机组安全停机。调速器应能现地和远方进行机组的自动、手动开停机和事故停机;通过电站计算机监控系统的机组现地控制单元(LCU),以数据通信和开关量接口两种方式向调速器发送各种调节命令,并采集调速器中的各种信号。

3.2 调速器结构模式的选择

当前调速器的主流结构模式均为并联 PID 调节规律,因此,安谷水电站设计之初就明确调速器应是成熟的、具有 PID 调节规律的双调节数字式微机电液调速器。

3.3 调速设备的选择

3.3.1 电液转换装置的选择

导叶/桨叶电液转换元件是将电气信号和液压信号相互转换的装置,在很大程度上影响着调速器的精密性能和可靠性能。为保证设备的可靠

性,安谷水电站电液转换元件采用原装进口的、由德国 BOSCH 生产的比例伺服阀。该阀在国内众多大中型水电站中均有应用,具有行程控制精度高、滞坏和不重复性小的优点,同时,在阀芯装有位置控制传感器反馈装置,可将反馈信号引入电路形成闭环控制,在电磁铁断电时有“故障保险”功能,以保证失电时阀芯回复到中立。

同时,为提高机械液压系统的可靠性,明确主配压阀以前的机械液压系统采用对称双冗余结构,采用两个电磁比例阀作为调速器电液转换器。

3.3.2 主配压阀的选择

主配压阀是调速器机械液压系统末级液压放大的最终控制阀,其作用是控制进入主接力器的流量和方向。按照国内电网的通用要求,调速器主配压阀阀芯应具有失电时自复中功能,且能实现机械纯手动功能。主配压阀的直径选择应保证通过主配压阀的输出流量能满足主接力器全行程所需的最大流量,应进行主配压阀的选型计算。

安谷水电站调速器的选型计算为:

导叶接力器容积 $V_d=0.65\text{ m}^3$; 桨叶接力器容积 $V_j=0.97\text{ m}^3$; 油在管道内的流速 $v=4\text{ m/s}$; 导叶最快关机时间 $T_d=10\text{ s}$; 桨叶最快关机时间 $T_j=30\text{ s}$ 。

(1)导叶主配直径 $D_d = \sqrt{\frac{4V_d}{3.14 \times v \times T_d}}$
 $=0.144(\text{m})$

(2)桨叶主配直径 $D_j = \sqrt{\frac{4V_j}{3.14 \times v \times T_j}}$
 $=0.102(\text{m})$

根据计算结果,在设计联络会上,经业主、设计、制造厂三方确认,主配压阀直径明确为 200 mm。

安谷水电站主配压阀选用美国 GE 公司生产的原装进口设备。

3.3.3 压力油罐容积的计算

压力油罐的作用是储存能量并减小调速器工作时的压力波动,还可以使油泵间歇或短时间运行,从而减小能耗使能量的利用更为合理。在额定工作油压确定后,油压装置的选择实际上是确定压力油罐的容积。

安谷水电站油压装置计算如下:

(1)原始数据:导叶接力器容积为 0.65 m^3 ;

桨叶接力器容积为 0.97 m^3 ; 额定油压为 6.3 MPa ; 导叶、桨叶最低操作油压 $P_{\min}$ 为 4.8 MPa ; P_{omax} 为额定工作压力, 6.3 MPa ; P_{omin} 为工作压力下限, 6 MPa ; PT 为紧急停机后的压力 ($P_{\text{omin}} > PT > PR$); PR 为最低需要压力 (MPa), 取 $PR = P_{\min} + \Delta P = 4.8 + 0.1 = 4.9(\text{MPa})$ 。

(2)调速器工作压力油罐总容积计算。

压力罐的油压从 P_{omin} 降到 PR 时,压力罐应有的可用油容积 V_U 为:

$V_U \geq 3 V_d + (1.5 \sim 2) V_j$
取 $V_U = 3 V_d + 2 V_j = 3 \times 0.65 + 2 \times 0.97$
 $= 3.89(\text{m}^3)$ 。

求工作油压下限 P_{omin} 时的压力罐内空气容积 V_{air} 。

由波义耳定律:
 $P_{\text{omin}} V_{\text{omink}} = PRVRk = PR(V_{\text{omin}} + V_U)k, k$ 取 1.25 。

$V_{\text{omin}} = \frac{V_U}{1.25 \sqrt{\frac{P_{\text{omin}}}{P_R}}} = 22.12(\text{m}^3)$
 $\sqrt{\frac{P_{\text{omin}}}{P_R}} = \sqrt{\frac{6}{4.9}} - 1$

求压力罐的总容积 V_H :
 $V_H = V_{\text{omin}} + V_U + V_{\text{Res}} = 22.12 + 3.89 + 0.2 \times 3.89 = 26.8(\text{m}^3)$

其中: V_{Res} 为剩余油量,通常为 $(0.1 \sim 0.2) V_U$ 。

综合考虑电站的实际情况,调速器工作压力罐容积最终取 $VH = 28\text{ m}^3$ 。

(3)调速器事故压力罐总容积计算。

当水轮机组需事故停机时,调速器工作压力罐切除,事故压力罐和事故配压阀关导叶接力器。

压力罐的油压从 P_{omin} 降到 P_R 时,压力罐应有的可用油容积 V_U 为:

$V_U \geq 1 V_d$
取 $V_U = 1.5; V_d = 0.975\text{ m}^3$ 。

求工作油压下限 P_{omin} 时的压力罐内空气容积 V_{omin} 。

由波义耳定律:
 $P_{\text{omin}} V_{\text{omin}}^k = P_R V_R^k = P_R (V_{\text{omin}} + V_U)^k$

式中 k 取 1.25 。

$V_{\text{omin}} = \frac{U_u}{1.25 \sqrt{\frac{P_{\text{omin}}}{P_R}}} = \frac{0.975}{1.25 \sqrt{\frac{6}{4.9}} - 1} = 5.54(\text{m}^3)$

(下转第 103 页)

5 结 语

笔者认为:若要做好光伏扶贫这项工作,首要的是地方政府切实落实国家相关政策,因地制宜地完善光伏扶贫机制,做到精准识别扶贫对象;其次,相关企业及监管机构一定要强化对工程质量的监督,确保质量至上和用户安全;第三,要建立公平的利益分配机制,保障贫困户的利益优先;地方政府应起到分配机制的监管督查作用;最后,运维企业一定要加强光伏电站的运营和管理水平,重视对农户相关技能的培训,使光伏扶贫项目能够安全、顺利地运行并得到有效的管理。近期,国

(上接第 82 页)

求压力罐的总容积 V_H :

$$\begin{aligned} V_H &= V_{\text{omin}} + V_U + V_{\text{Res}} \\ &= 5.54 + 0.975 + 0.2 \times 0.975 \\ &= 6.71 (\text{m}^3) \end{aligned}$$

其中: V_{Res} 为剩余油量,通常为 $(0.1 \sim 0.2)$

V_U 。

综合考虑电站的实际情况,调速器工作压力罐容积最终取 $V_H = 8 \text{ m}^3$ 。

3.4 电气控制设备的选型设计

安谷水电站的电气控制采用双微机冗余系统,两台控制器用交换机进行主、备用切换。当其中一个微机系统出现故障时,系统自动无扰动切换到备用控制系统,进而极大地增强了设备的可靠性。

调速器电气控制部分包括硬件和调节软件两部分。电气硬件主要包括:测频环节、开关量输入输出、模拟量输入输出、比例阀驱动、与上位机通讯接口、人机界面等;调节软件主要包括: PID 调

家能源主管部门将会出台《光伏扶贫电站管理办法(征求意见稿)》及光伏扶贫电站技术、管理等相关标准导则。随着政策关、技术关、管理关的不断完善与调整,可以相信:光伏扶贫会作为扶贫工作的重要组成部分,必将在实现 2020 年我国现行标准下农村贫困人口脱贫伟大目标的过程中留下浓墨重彩的一笔。

作者简介:

李 翔(1987-),男,四川成都人,工程师,在读博士研究生,从事
新能源发电技术工作。

(责任编辑:李燕辉)

节规律、程序软件、通讯协议等。

4 结 语

笔者介绍了安谷水电站调速器选型设计的基本原则,简单阐述了调速设备以及电气控制设备的选型、计算情况,作为对该工程建设过程中设备选型的一个回顾。

截至目前,安谷水电站已成功投运两年,从安谷水电站机组运行情况看,调速器充分发挥了其应有的作用,未出现技术、功能隐患,说明安谷水电站调速器的设计选型符合需要,满足规范。

参考文献:

[1] 魏守平.现代水轮机调节技术[M].武汉:华中科技大学出版社,2002.

作者简介:

张海江(1986-),男,云南石林人,助理工程师,学士,从事水电站
运行技术与管理工

余 林(1975-),男,四川米易人,副处长,工程师,从事水电站建设机电工程技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

澜沧江黄登水电站下闸蓄水

日前,由中国电建集团昆明院设计的黄登水电站导流洞实现顺利下闸,工程蓄水至高程 1 547.50 米,泄洪放空底孔已向下游生态供水,工程顺利实现第一阶段蓄水任务。

黄登水电站位于云南省兰坪县境内,采用堤坝式开发,以发电为主。上游与托巴水电站,下游与大华桥水电站相衔接,坝址位于怒江州兰坪县营盘镇上游。水库正常蓄水位高程为 1 619.00 米,其相应库容为 15.49 亿立方米,调节库容为 8.28 亿立方米,水库具有季调节性能。枢纽主要水工建筑物由碾压混凝土重力坝、坝身泄洪表孔、左、右岸泄洪放空底孔、左岸折线坝坝身进水口、左岸地下引水发电系统等组成。工程最大坝高为 203 米,装机容量 1 900 兆瓦(4×475 兆瓦),为一大(Ⅰ)型工程。2008 年 12 月工程筹建,2010 年 3 月导流洞工程开工,2013 年 11 月大江截流,2015 年 3 月开始大坝混凝土浇筑,2017 年 11 月 28 日导流洞下闸蓄水,工程计划于 2018 年 6 月底首台机组投产发电。