

Patuca3水电站机组辅助及公用设备控制系统设计简析

张震

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450001

摘要: 本文结合Patuca3水电站的特点, 简要介绍了其机组辅助及公用设备控制系统的主要设备配置及典型设计案例, 为今后国外水电站类似案例设计提供参考。

关键词: 水电站; 机组辅助及公用设备控制系统

1 电站概况

Patuca3水电站坝址位于洪都拉斯共和国Guayape和Guayambre河的汇合点下游约5km处。电站采用堤坝式开发, 河床坝后式厂房, 安装2台单机容量为52MW轴流转桨式水轮发电机组, 总装机容量为104MW, 多年平均发电量3.36亿kW·h, 发电装机年利用小时3231h。电站的工程任务为发电, 兼顾下游用水, 在电力系统中担任调峰和负荷备用, 所发电能送入国家电网。

电站采用计算机监控系统对全厂机电设备进行集中监视与控制。机组辅助设备、全厂公用设备(油、气、水及采暖通风系统)均设有功能完善、各自独立可靠的PLC现场控制装置, 对各系统进行闭环自动控制操作。

2 总体方案设计

2.1 控制系统主要设备配置

电站机组辅助及公用控制系统设备由武汉四创自动控制技术有限公司成套提供。除风机就地控制箱采用常规继电器逻辑控制方式外, 其余的控制系统(含通风系统集中控制柜)均采用PLC为核心完成单元的监视和控制功能。

2.1.1 可编程逻辑控制器

PLC选用美国GE的IC200系列产品, 具有数字量处理能力, 全模块化、可扩展的体系结构, 通过数字量和模拟量输出对不同类型的设备装置和过程进行控制, 具备自诊断能力(自动监视CPU、I/O、通信等模件的健康状况), 具备防止软件锁死功能, 具备掉电自恢复功能。配置独立的离散量、模拟量输入、输出模块。具有掉电保护功能和电源恢复后的自动重新启动功能。

PLC采用RS485串口通信接口、MODBUS通信协议, 接入电站计算机监控系统。

2.1.2 液晶触摸屏

液晶触摸屏选用德国KINCO产品, 用于反映各种运行工况, 能显示设备运行状态信号, 各种报警信号, 各模拟量实测值, 电机的运行时间和动作次数, 以及进行

电机控制整定值的设定和修改。

2.1.3 开关电源

PLC就地控制柜设置开关电源, 选用德国魏德米勒产品, 由1套AC120V 60Hz/DC24V和1套DC125V/DC24V模块组成, 2套DC24V电源模块并联冗余供电。每套电源模块均设置完善的短路保护及隔离措施, 并在负载侧分别设置电源监视继电器及信号灯。单套开关电源容量满足PLC及其I/O设备、开出继电器、信号灯、现场各类变送器、现场各类电磁阀等所有负载的供电^[1]。

DC125V电源取自电站直流系统, AC120V取自被控对象(如电机)电源空开进线侧, 每回交流控制电源回路(AC120V, 60Hz), 其电源输入端设置隔离变压器。

2.1.4 电机动力回路元件及保护装置

所有断路器、软起动器、接触器等, 技术参数及种类选型与其回路电流、回路电压、负载特性(包括启动、停止、重载、轻载)等相匹配, 功率在15kW以上电机配置软起动器。

断路器、软起动器选用法国施耐德产品, 接触器选用美国ABB产品。

(1) 电机进线断路器

电机进线断路器为电动机专用空气型断路器, 可现场手动操作。具有隔离、短路、过载、断相等保护, 并具有极高的分断容量, 还具有温度补偿、相位不平衡等保护, 兼有热磁脱扣功能。此外还有脱扣信号单元及欠压、分励保护模块, 以及带辅助接点、故障报警接点输出。

(2) 软起动器

软起动器为泵控型软起动器, 能够长期在线运行, 其中机组技术供水循环泵、主变冷却水循环泵配置有旁路接触器(旁路后, 所有保护功能如电机过载保护、过流保护、负荷保护等继续保持有效)。

软起动器具有完善的起停特性, 包括: 电压斜坡控制、电流斜坡控制、限流启动、脉冲突跳启动、泵控制曲线等。能与PLC进行通讯连接, 实现在PLC上对电机运

行状态、各种故障信号以及测量参数（如电流、电压、功率等）进行监视。

（3）接触器

用于电机的直接启/停控制。接触器的性能优越，电气寿命可达到至少150万次，机械寿命达到至少1500万次。接触器位置辅助接点数量满足控制要求。

2.2 机组辅助设备控制系统

机组辅助设备控制系统主要包括：机组技术供水控制系统、调速器油压装置控制系统、机组辅助设备（含上导吸排油雾泵、推力排油雾泵、上导鼓风机、推力鼓风机、碳粉吸尘泵、制动吸尘泵、顶盖排水泵、机坑加热器等）控制系统等，本文就具有代表性的调速器油压装置控制系统进行介绍。

2.2.1 控制对象

3台油泵，1台工作主用，2台备用，22kW/台；1台5.5kW漏油泵。

2.2.2 自动化元件

压力油罐上设有：1个压力变送器、1套压力开关（7对SPDT接点，其中2对为事故低油压开关量信号分别送机组LCU柜及水机保护柜）、1个油位变送器、1套油位开关（4对SPDT接点）、1套自动补气装置。

回油箱内设有：1套油位开关（2对SPDT接点）、1个油位变送器、1个油混水信号器、3个泵出口滤油压差发讯器、3套组合阀、1个油温变送器。

漏油箱内设有：1套油位开关（2对SPDT接点）、1个油位变送器、1个油混水信号器^[2]。

2.2.3 自动控制流程

（1）漏油箱油泵控制流程

控制系统同时采集漏油箱油位信号的模拟量和开关量（两路信号互为备用，当两种监测信号不一致或传感器出现故障时，发出报警信号）、油混水信号器开关量，联合参与对漏油箱压油泵的自动控制。自动操作流程如下：

◇漏油箱油位偏高，且油混水信号器没动作时启动漏油泵；

◇漏油箱油位正常，或压油泵故障，或油混水信号器动作时，停止压油泵；

◇漏油箱油位过高时，发油位过高报警信号。

（2）回油箱油泵、油泵出口组合阀控制流程

调速器油压装置控制系统采集压力油罐的压力信号开关量，联合参与对3台回油箱油泵、3台油泵出口组合阀的自动控制。自动操作流程如下：

◇压力油罐压力降低至工作油泵启动压力时，打开

工作油泵出口组合阀，延时5s（可调）后启动工作油泵；

◇压力油罐压力降低至1号备用油泵启动压力或检测到工作泵故障时，打开1号备用油泵出口组合阀，延时5s（可调）后启动1号备用油泵，发压力低或工作油泵故障信号；

◇压力油罐压力降低至2号备用油泵启动压力或检测到1号备用油泵故障时，打开2号备用油泵出口组合阀，延时5s（可调）后启动2号备用油泵，发压力过低或1号备用油泵故障信号；

◇压力油罐压力升高到停泵油压时，关闭所有运行油泵出口组合阀，并延时1s（可调）停止所有运行油泵电机；

◇若油泵电机或PLC故障，不能按要求停止运行油泵，压力油罐油压继续上升到过高油压时，发出油压过高报警信号；

◇压力油罐压力降低到事故低油压时，发事故低油压信号作用于停机；

◇压力油罐油位过高时，发油位过高报警信号；

◇压力油罐油位过低时，发油位过低报警信号；

◇回油箱油位过高时，发油位过高报警信号；

◇回油箱油位过低时，发油位过低报警信号；

◇回油箱油混水过高时，发回油箱油混水报警信号。

（3）自动补气装置

调速器压油装置控制系统采集压力油罐的压力信号模拟量（采用压力油罐压力变送器输出值）、油位模拟量与开关量信号（两路信号互为备用，当两种监测信号不一致或传感器出现故障时，发出报警信号），参与对压力油罐自动补气装置的控制，自动控制流程如下：

压力油罐油位上升至上限并且油压低于额定值时，打开自动补气阀向压力油罐补气。当油罐油压上升至额定值以上或油位降低至下限时，关闭自动补气阀，停止补气。自动补气装置连续打开时间超过10min（可调），发故障报警信号。

（4）事故低油压信号

设置有2个事故低油压开关，不经PLC分别送至机组LCU及水机PLC，用于完成水力机械事故停机。

（5）油泵电机故障定义，采用电气参量（如软起故障、空气断路器跳闸、保护动作、电机控制电源消失等）判断。

2.2.4 I/O测点统计

DI：64点，DO：32点，AI：8点，AO：4点。

2.2.5 电控设备构成及组屏

每套机组调速器油压装置控制、启动设备共配置2面屏柜，柜内配置的监视、控制启动元件包括：

◇PLC可编程控制器, I/O模块, 触摸显示屏, 模拟量信号隔离器, 防雷器。

◇冗余配置的DC24V开关电源装置。

◇控制方式切换开关, 手动启/停按钮。

◇故障总清按钮。

◇运行/故障指示信号灯。

◇各类出口继电器, 中间继电器, 电源监视继电器。

◇控制回路断路器, AC120V控制电源隔离变压器, 控制电源进线防雷电保护器。

◇控制操作回路及操作元件, 控制电源回路隔离及保护元件。

◇动力电源进线断路器, 接触器, 软起动器。

◇柜体及端子、自动加热除湿器、照明、接地铜排等附件。

2.3 公用设备控制系统

公用设备控制系统主要包括: 机组检修排水泵控制

系统、厂房渗漏排水泵控制系统、大坝渗漏排水泵控制系统、中压空压机控制系统、低压空压机控制系统及通风设备控制系统等, 本文就具有代表性的厂房渗漏排水泵控制系统进行介绍。

2.3.1 控制对象

3台厂房渗漏排水泵, 1台工作主用, 1台工作备用, 1台检修备用, 132kW/台; 1台11.2kW排污泵。

2.3.2 自动化元件

厂房渗漏集水井设有: 1套投入式液位变送器、1套浮子式液位开关。

每台排水泵出口设置1套流量开关, 共3套。

2.3.3 自动控制流程

(1) 控制系统根据集水井水位完成水泵自动启停控制, 水位传感器4~20mA模拟信号与浮子水位计开关信号一同参与自动控制, 两路测量信号互检和热备用。厂房渗漏集水井内控制水位整定值如表1所示。

表1 厂房渗漏集水井内控制水位整定值

序号	水位值	控制
1	< 223.84m	停止厂房渗漏集水井排水泵
2	> 231.34m	启动厂房渗漏集水井“主泵”
3	< 231.64m	启动厂房渗漏集水井“备泵”
4	> 231.84m	厂房渗漏集水井水位超高报警

(2) 当集水井水位高于“启主泵水位”时, 启动主泵, 发主泵运行信号。

(3) 当集水井水位高于“启备泵水位”时, 启动工作备泵, 发备泵运行信号、水位过高报警信号。

(4) 当集水井水位低于“停泵水位”时, 停止所有水泵;

(5) 当集水井水位高于“超高水位”时, 启动4台排水泵(每台间隔5s, 设置有时间继电器, 时间可调, 独立于PLC), 发4台厂房渗漏排水泵全部投入信号, 同时发水位超高报警信号;

(6) 正在运行中的水泵故障时启动检修备用泵, 并发该水泵故障信号。

(7) 水泵主备自动轮换, 当启动的某台水泵故障时, 自动停止该台水泵, 然后启动第二顺序水泵, 并发出报警信号。

(8) 水泵电机故障定义, 除采用电气参量(如软起故障、空气断路器跳闸、保护动作、电机控制电源消失等)判断外, 还采用水泵出口流量开关进行判断, 即水泵的启动命令发出后, 经0~5s延时, 若该台水泵出口流量开关无反馈信号, 可判定该台水泵故障^[3]。

2.3.4 I/O测点统计

DI: 32点, DO: 16点, AI: 4点, AO: 4点。

2.3.5 电控设备构成及组屏

厂房渗漏排水泵控制、启动设备共配置2面屏柜, 柜内配置的监视、控制启动元件包括:

◇PLC可编程控制器, I/O模块, 触摸显示屏, 模拟量信号隔离器, 防雷器。

◇冗余配置的DC24V开关电源装置。

◇控制方式切换开关, 手动启/停按钮。

◇故障总清按钮。

◇运行/故障指示信号灯。

◇各类出口继电器, 中间继电器, 电源监视继电器。

◇控制回路断路器, AC120V控制电源隔离变压器, 控制电源进线防雷电保护器。

◇控制操作回路及操作元件, 控制电源回路隔离及保护元件。

◇动力电源进线断路器, 接触器, 软起动器。

◇柜体及端子、自动加热除湿器、照明、接地铜排等附件。

2.4 信号的接收与上送

控制系统PLC除接收所有监控对象状态、故障、工作方式及控制回路各类电源失电等开关量及模拟量信号

外, 还可通过与计算机监控系统现地单元通信的方式接收故障复归、对时等信号。

控制系统除采用通信方式上送所有监控对象状态、故障、工作方式、控制回路各类电源失电信号及设备运行次数和时间统计等开关量及模拟量信号外, 还采用硬接线方式上送PLC故障、电源故障、综合故障等异常状态信号。

3 结语

目前, Patuca3水电站的2台机组已全部投运, 经实际运行证实, 机组辅助及公用控制系统运行良好, 具有完善的闭环自动控制功能, 达到了预期的设计效果。同时, 也有几点注意与建议:

(1) 该电站的直流系统是DC125V, 单相是AC120V,

三相交流电机电源是AC480V。

(2) 排水系统建议设置独立于PLC的水位超高报警硬布线, 用于间歇启动全部排水泵排水。

(3) 风机启动控制回路中, 建议预留空端子并短接, 便于在实际接线过程中, 可解开直接串入防火阀位置联动接点信号。

参考文献

[1]丁言梅,刘德龙.水利工程自主可控工业控制系统方案设计[J].东北水利水电,2022,40(12):63-64,68.

[2]彭韞.黄金坪水电站机组辅助及公用控制系统设计[J].环球市场,2018(7):366.

[3]陈忠肖.越南嘉兴水电站公用设备控制系统的设计[J].装备制造技术,2012(3):35-37.