

浅析水电站防水淹厂房保护系统的设计

张 超

中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司 贵州贵阳 550081

摘 要: 近年来因发生暴雨、泥石流等自然灾害或机电设备故障导致的水电站水淹厂房事件时有发生, 严重威胁水电站的运行和人身安全, 造成了较大的经济损失和政治影响。本文结合水电站现有的防水淹厂房措施, 有针对性地分析了水电站防水淹厂房保护系统的设计, 为后续类似设计提供参考。

关键词: 水电站; 防水淹厂房保护系统; 设计

Brief analysis on the design of waterproofing and flooded workshop protection system for hydropower station

Chao Zhang

Power China Guiyang survey, design and Research Institute Co., Ltd., Guiyang 550081, Guizhou

Abstract: In recent years, flooded plants or hydropower stations occur frequently due to natural disasters such as heavy rain, debris flow, or mechanical and electrical equipment failure. It seriously threatens the operation and personal safety of hydropower stations and causes great economic losses and political influence. Based on the existing waterproofing and waterproofing measures of hydropower stations, this paper analyzes the design of the waterproofing and waterproofing protection system of hydropower stations and provides a reference for the following similar design.

Keywords: hydropower station; Protection system of waterproof flooded plant; Design

1 概述

水电站一般建设在水力资源丰富的高山峡谷地带, 周围可能会发生山洪泥石流等自然灾害。近些年, 受地震、泥石流、极端暴雨等自然灾害的影响, 以及设计缺陷、厂内设备故障、水工建筑物事故、施工质量不合格、运行过程中管理不到位等因素, 水电站水淹厂房事件时有发生, 轻则造成机组停运、设备损坏, 重则造成水电站机毁人亡, 带来不良影响。因此, 水淹厂房事故给水电站安全稳定运行带来了极大威胁, 必须对易发生水淹厂房的薄弱环节进行重点防范, 以防止水淹厂房事故的发生, 保证水电厂安全稳定运行。防水淹厂房保护系统作为提高水电站安全运行水平的一项技术措施, 作为“无人值班”(少人值守)水电站的一项重要技术条件, 在其中扮演了尤为重要的角色^[1]。

2 风险源分析

2.1 自然灾害因素

超设计标准的洪水、降雨、地震, 以及泄洪雾化区诱发的滑坡体、厂区附近的泥石流等, 可能造成漫坝(溃坝)、厂房进水、水工建筑物损坏、排水系统无法有效排水等, 从而造成水淹厂房。

2.2 厂房内部因素

进水阀、蜗壳进人门、尾水管进人门、供排水系统设备及阀门等破损或密封磨损失效, 造成大量渗水; 机坑内排水不畅, 水轮机顶盖、压力钢管、蜗壳等刚强度裕量不够, 导致爆管、裂纹或磨穿, 以及水轮机长期在不稳定运行区内工作导致紧固螺栓疲劳破坏、断裂, 造成大量有压水涌入厂房, 从而造成水淹厂房。

2.3 水工建筑物事故或缺陷

厂房地下水渗漏量超预期导致集水井和水泵容量不足, 导致排水不及时; 引水隧洞、压力钢管、调压室、尾水隧洞和厂房蜗壳、挡水墙、永久堵头等水工结构质量事故, 导致结构垮塌、爆裂; 防渗帷幕、引水隧洞、

作者简介: 张超, 男, 汉族, 出生于: 1989年1月, 籍贯: 贵州贵阳, 学历: 本科, 职称: 工程师, 毕业院校: 福州大学, 研究方向: 电气工程与自动化。

压力钢管、调压室、尾水隧洞和厂房蜗壳、挡水墙、永久堵头等施工结构质量缺陷,导致较大漏水,以及厂区排水沟渠结构破坏、堵塞等,皆可能造成水淹厂房。

2.4 施工风险因素

基础开挖、基础处理、混凝土浇筑等施工质量,临时挡水建筑物(如挡水围堰)设计失误,挡水建筑物中的门槽、闸门、弧门、液压启闭机安装质量不合格,调压室蝶阀和水轮机进水阀安装质量不合格,以及引水系统临时封堵(如压力钢管、尾水锥管闷头)的失效等,皆可能造成水淹厂房。

2.5 运行风险因素

水电站管理不到位,水情、雨情和气象信息预测预报预警不及时、不准确,水库调度失误或违反洪水调度原则,泄洪启闭设施的故障,控制及保护设备误动、拒动,厂用电消失,应急设备故障,以及机组运行、检修中的误操作等。

2.6 其他

河道建设上的违法非法行为,以及外来人员、战争、恐怖袭击等蓄意破坏,皆可能造成水淹厂房^[2]。

3 总体方案设计

防水淹厂房保护系统作为“无人值班”(少人值守)水电站安全生产的一项重要技术保证措施,在出现水淹厂房时能及时可靠报警,并能直接发令让机组紧急停机、落下相关事故闸门或关闭机组进水阀。防水淹厂房报警系统主要由水位信号器、PLC控制单元、报警装置等几部分组成。

3.1 水位信号器的选择及布置

3.1.1 水位信号器的选择

根据NB/T35004《水力发电厂自动化设计技术规范》的相关要求,防水淹厂房系统的每套水位信号器至少包括2对触头输出;根据《水电厂无人值班的若干规定》(国电发〔2002〕685号)的相关要求,防水淹厂房水位信号器应冗余配置;结合水电站实际情况,参考NB/T35004中排水系统“宜设置两套不同原理的液位计或液位变送器”的要求,并根据现有技术,建议水电站用于防水淹厂房的水位信号器主要有投入式液位变送器(模拟量)、连杆式浮球液位开关(开关量)、电容式液位开关(开关量)。

投入式液位变送器是基于所测液体压力与液位成正比的原理,采用扩散硅或干式陶瓷电容压力敏感元件,将压力转换为电信号,再经过温度补偿和线性修正,转化成标准的模拟量电信号输出。

连杆式浮球液位开关使用磁力运作,当浮球随液位变化并作用域磁感应开关时,接点动作并输出接点状态信号,具有动作灵敏、使用方便灵活、控制更精准等特点。

电容式液位开关是基于电容值与所测介质的介电常数成正比的原理,且其探头表面绝缘、不氧化、无冷凝结露、抗污染及杂质缠绕,输出接点信号可靠,抗干扰能力强。

3.1.2 水位信号器的布置

根据NB/T35004《水力发电厂自动化设计技术规范》的相关要求,防水淹厂房系统应在厂房最低层(含操作廊道)设置不少于3套水位信号器。本文推荐在厂房最低层选取不少于3个布置点(建议为最低层两端和中部),选取上述的两种或三种水位信号器(其中至少在一个布置点设置模拟量型的水位信号器),在每个测量点设置上述一种或几种组合的水位信号器,用于监测水淹厂房水位情况。

每个测量点的水位信号器采用防外因干扰的不锈钢保护结构进行封装,避免因为人为踢撞等原因导致的信号误动,并配置防护等级为IP67的现地采集端子箱,电缆进出口使用格兰头封闭。

除此之外,每台机组水车室装设的一组水位信号器(模拟量+开关量)、每个集水井装设的一组水位信号器(模拟量+开关量),可用来辅助分析判断水淹厂房的情况。

3.2 PLC控制单元及报警装置

3.2.1 PLC控制单元

PLC控制单元的设置主要有2种方式。一是将水位信号采集至电站计算机监控系统的公用系统现地控制单元,再通过公用系统现地控制单元开出水淹厂房信号,送至每台机组现地控制单元,启动其主PLC及水机保护PLC(若有)紧急事故停机流程,同时动作关闭相关事故闸门或机组进水阀。二是单独设置一套功能完善、独立可靠的水淹厂房专用PLC,采用1路交流和1路直流供电,用于采集防水淹厂房水位信号,代替公用系统现地控制单元完成相关动作。

3.2.2 报警装置

根据国能综函安全【2017】66号“国家能源局综合司关于加强水电站水淹厂房防范工作的通知”的相关要求,在厂房内设置一套独立的水淹厂房声光报警系统,声光报警器布置在厂房各区域,且其声压级应高于背景噪声15dB,并保证从任一部位到最近报警器的距离不大于25m。同时在厂房发电机层逃生通道及电站中控室设置手动启动水淹厂房按钮(启动按钮配置有防护罩并具

有明显标志),并设置独立于PLC(公用系统现地控制单元或专用PLC)的硬布线回路,在紧急情况下直接作用于机组停机、关闭相关事故闸门或机组进水阀^[3]。

3.3 控制策略分析

防水淹厂房测量点装设的水位信号器向PLC传送不少于四路信号(三路开关量和一路模拟量,开关量与模拟量信号互检),每路信号皆整定出水位过高报警和事故水位停机两个报警值,水位过高报警整定值低于事故水位停机整定值。

3.3.1 自动化元器件接线

开关量水位信号器采用总屏蔽电缆接线,屏蔽层在PLC侧一点接地。模拟量水位信号器采用对绞分屏蔽加总屏蔽电缆接线,屏蔽层在PLC侧一点接地,且对绞的两条芯线仅用于同一信号的往返导体。

3.3.2 信号抗干扰

根据所选取的水位信号器,分为开关量和模拟量2种。对于开关量型水位信号器,当其接点动作时,经PLC过滤延时2s排除信号接点抖动,可判断该信号真实有效。对于模拟量型水位信号器,若信号发生突变,可通过程序对其前、后采集值进行反复逻辑比较,若其突变速率值超过安全水位上升/下降速率安全值,则判断该信号无效。

3.3.3 水位过高报警

当有任一开关量型水位信号器向PLC输入水位过高信号后,经PLC结合采集的模拟量型水位信号进行互检,确认水位过高后将信号传至计算机监控系统后台显示,同时启动水位过高报警,并联动设置在每个测量点对应位置的摄像头,供值班人员确认。

3.3.4 事故水位停机

当有开关量型水位信号器向PLC输入事故水位停机信号后,经PLC结合模拟量型水位信号器进行互检,再进行逻辑“与”判断,确认有任两套或以上水位信号器输入事故水位停机信号,该信号将传至计算机监控系统后台显示,启动各区域声光报警器,并联动设置在每个测量点对应位置的摄像头。同时启动紧急事故停机流程,并动作关闭相关事故闸门或机组进水阀^[4]。

4 结语

防水淹厂房保护系统的设计与实施,可提高水电站对水淹厂房事件的应急响应和处理能力,为现场紧急处理争取有利条件。同时,可考虑防水淹厂房保护系统与电站广播系统及排水控制系统的联动,并完善工业电视系统及定时分析机组在线监测数据等。除此之外,还应结合水电站的实际情况,关注天气变化,加强厂区及其周边区域地质灾害区的监测力度,做好水电站的日常巡视、维护及水淹厂房隐患的排查治理工作,制定有针对性、完备性、可操作性的水淹厂房应急预案,以避免或降低因水淹厂房造成的重大经济损失及政治影响^[5]。

参考文献:

- [1]NB/T35004 水力发电厂自动化设计技术规范.
- [2]国能综函安全【2017】66号 国家能源局综合司关于加强水电站水淹厂房防范工作的通知.
- [3]彭俊先.地下式厂房水电厂防水淹厂房保护系统的研究与应用.红水河,2022年第41卷第1期:119-121.
- [4]董勤,吴威.景洪电厂水淹厂房保护系统设计与实践.河南电力,2018年第12期.
- [5]国家能源局.防止水电站水淹厂房措施研究报告.