

浅析玉瓦水电站黑启动方案

周振波

(九寨沟水电开发有限责任公司,四川九寨沟 623400)

摘要:针对玉瓦水电站的具体情况,明确了黑启动的必要性,通过对相关设备、装置和系统进行详细分析,验证了黑启动条件,预测了其中可能会遇到的风险,在比较了黑启动可利用的电源后,制定了相应的启动方案,然后以实战代替演练,证明了机组具备黑启动能力,最后指出了一些注意事项。

关键词:玉瓦水电站;黑启动;必要性;实战

中图分类号:TV7;TV737;TV736

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)增1-0066-05

1 概述

所谓黑启动,是指整个系统因故障停运后,不依赖别的网络帮助,通过系统中具有自启动能力机组的启动,带动无自启动能力的机组,逐渐扩大系统恢复范围,最终实现整个系统的恢复。

黑启动的前提和关键是启动电源。与火电、核电、风电机组相比,水电机组具有容量适中、接线简单、辅助设备少、调节能力强、开机条件易满足、启动迅速的特点,是方便、理想的启动理想电源。

玉瓦水电站位于四川省阿坝藏族羌族自治州九寨沟县,是白水江河干流规划建设“一库七级”中的第二个梯级电站,闸首距龙头水库——多诺水电站厂房0.9 km,若尔盖-九寨沟公路从厂区及闸首通过。电站为低闸引水式单一发电工程,装机容量为 2×24.5 MW,水库正常蓄水位高程2 019 m,死水位高程2 016 m,总库容13.24万 m^3 ,调节库容8.45万 m^3 。

发电机出口侧采用扩大单元接线,通过110 kV朗童线接入220 kV童家山变电站后送入四川电网。其电气主接线情况见图1。

厂用电工作电源来自于发电机出口单元母线经11号厂用变为400 V I、II段母线供电,备用电源来自35 kV外来1号线路经32号厂用变供电,正常运行方式为11号厂用变带400 V两段母线联络运行。

坝用电400 V母线为单母线,工作电源来自多诺水电站10.5 kV多朗线经12号坝用变供电,备用电源来自35 kV外来1号线路经31号坝用

变供电。

厂房和坝区各安装一台柴油发电机组,分别接入厂房400 V I段母线和坝区400 V母线,作为厂房和坝区的紧急备用电源。

针对玉瓦水电站的具体情况,笔者分析了在电站机组调试完毕但未投运之际发生机组停运、厂用电消失且无外来电源支援的极端恶劣条件下,由于运行维护人员提前半年进驻现场参与设备安装、调试工作并负责运行规程和各专项预案的编写,对设备操作熟练,分别利用柴油发电机和直流220 V电源成功启动玉瓦水电站黑启动方案,是以实战代替演练的生动案例。

2 玉瓦水电站黑启动的必要性分析

玉瓦水电站远离负荷中心,通过一回110 kV线路接于童家山220 kV变电站,输送通道位于地质条件复杂、交通不便的高山峡谷之中;35 kV备用电源来自九寨沟县地方电网,其可靠性差。电站发生与主网解列的可能性相对较大,而一旦发生事故与主网解列,就可能无法从外界获得电源。

厂房渗漏水均集中在蝶阀层,而渗漏排水和检修排水系统的动力屏和水泵又布置在蝶阀层内,厂用电中断后容易发生水淹厂房事故,并可能因此而导致恶性循环,引发灾难性后果。

玉瓦水电站是童家山220 kV变电站主供电源,童家山220 kV变电站投运后将作为九寨沟风景区的主供电源变电站,一旦中断供电,将给供区社会稳定和经济发展带来严重后果。

玉瓦水电站下游的电站均为无水库调节能力的径流式电站,玉瓦水电站一旦发生事故与主网

收稿日期:2017-05-08

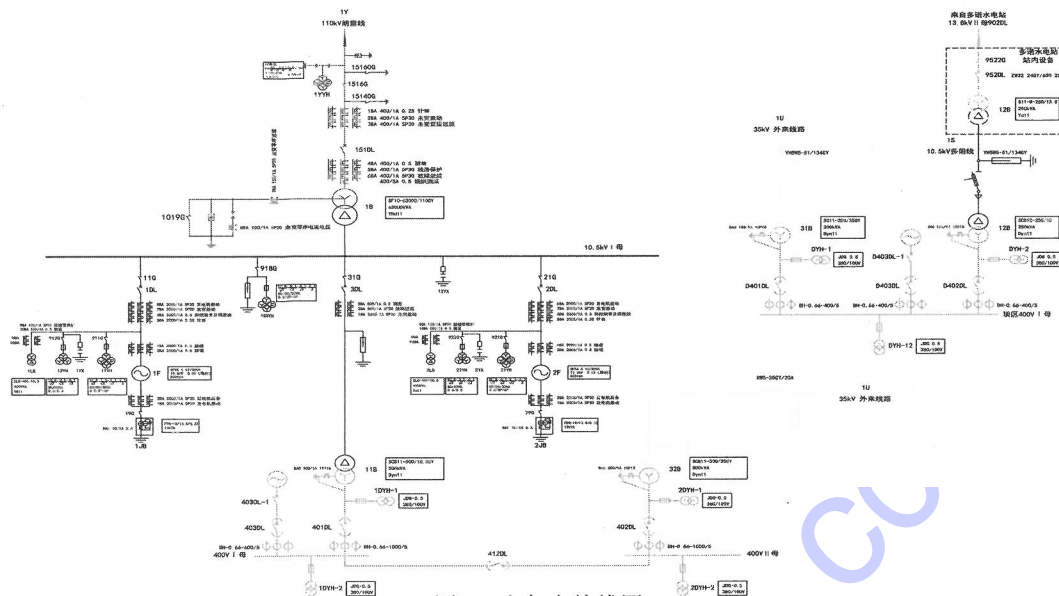


图1 电气主接线图

解列,从玉瓦水电站闸首开闸弃水到下级电站闸首需3 h,若玉瓦水电站不能尽快恢复发电,将严重影响其下游电站的安全运行和发电负荷。

因此,对玉瓦水电站黑启动的运用进行系统分析,并据此制定出有针对性及操作性的试验方案具有十分重要和迫切的现实意义。

3 黑启动的条件和风险分析

3.1 条件分析

(1)水轮发电机组。发电机推力轴承采用弹性金属塑料瓦,机坑安装有自动控制温度的加热器,停机后的风洞温度能保持在 $5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$,机组具备冷热条件下均能立即启动的能力,进行厂内黑启动不存在自励磁问题。

(2)直流系统。直流220 V系统为单母线接线,蓄电池容量为 $1\times 300\text{ Ah}$ 。正常运行时,由充电装置承担经常负荷,同时向蓄电池组补充充电,以补偿蓄电池自放电,使蓄电池组以满容量状态处于备用。

(3)水轮机进水蝶阀及装置。蝶阀操作和控制电磁阀均由直流220 V电源供电,不会因交流电源消失而导致误关闭,除检修、机组过速停机或在停机过程中导叶错位外,正常情况下处于全开状态。

油压系统由蓄能器提供操作动力,液压回路基本无渗漏,通过自动控制装置能够保证蓄能器的油压经常性地处于正常范围内。当电源中断

后,蓄能器的压力足以保证蝶阀开、关一次。

(4)水轮机调节系统及装置。调节系统有自动和手动两种运行方式。电气柜和机械液压柜采用交、直流220 V双电源供电方式,操作和控制电磁阀均由直流220 V电源供电,不会因交流电源消失而影响其正常运行。油压系统由蓄能器提供操作能源,液压回路基本无渗漏,通过自动控制装置能够保证蓄能器的油压经常性地处于正常范围内,能够满足机组的开、停机需要。电气柜触摸屏及机械液压柜频率表、开度表、平衡表均由直流220 V电源供电,不受交流电源中断的影响。

(5)励磁系统及装置。励磁系统采用静止可控硅整流自并励方式,互为备用的两套调节器均采用交、直流220 V双电源供电方式,灭磁开关操作电源分别来自机组直流220 V分配电柜,触摸屏由直流电源供电,均不受交流电源中断的影响。

励磁风机停运后,励磁装置可以起励建压,可控硅整流装置在额定工况下能够继续运行2 h。

(6)继电保护装置。全厂继电保护装置及断路器操作电源均采用直流220 V电源供电,柜内交流220V电源仅为打印机、照明、加热器等负荷供电,继电保护装置不受交流电源中断的影响。

(7)主变及其冷却器全停。1号主变采用自然风冷,运行中除重瓦斯保护外,油面温度、绕组温度、压力释放、冷却器全停等非电量保护均投信号,不会对黑启动操作造成任何影响。

(8) 计算机监控系统。计算机监控系统分为站控层和现地控制单元 LCU。站控层采用两套工业级 UPS 电源装置冗余并机运行供电, UPS 电源装置的直流 220 V 进线电源分别来自直流 220 V 两段母线, 容量大、可靠性高。LCU 采用交、直流 220 V 双电源供电方式。

(9) 热工保护装置。机组安装了一套“纯机械”超速保护装置, 测温测速制动柜数字式温度保护仪表、测速装置电源由直流 220 V 供电, 不受交流电源中断的影响。

(10) 技术供水。技术供水采用钢管和蜗壳两路主、备取水方式, 冷却水电动阀虽然由交流电源供电, 但可以手动开启, 不受交流电源中断的影响。

(11) 水 库。水库库容小, 调节能力差, 但库区距离流域龙头水库的多诺水电站厂房仅 0.9 km, 可以通过多诺水电站进行有效调节和控制。2 号柴油发电机为坝区应急电源, 电源相对稳定可靠。进水口闸门正常运行时在全开位置, 不存在因电源切换误关闭的风险。

3.2 风险分析

(1) 环境及人员问题。工作照明消失后, 只有事故照明和应急电筒为运维人员提供照明。虽然是地面厂房, 但全站交流中断的特殊环境氛围难免会造成运维人员心理焦虑和精神紧张, 存在发生误操作的可能性, 存在一定的风险。

(2) 直流系统。交流电源消失后, 直流负荷及事故照明改由蓄电池供电。虽然蓄电池事故放电时间较长, 但由于起励操作、断路器储能电机启动和事故照明投入时会造成端电压瞬间波动较大, 黑启动存在失败的可能, 存在一定的风险。

(3) 机组超速问题。当电网全部停电造成机组超速、蝶阀关闭的极端情况时, 机组不具备立即进行黑启动的条件, 必须经过检查无异常后才能启动机组。在此过程中, 调速器及蝶阀油压装置的油压会有下降的情况出现, 存在一定风险。

(4) 柴油发电机问题。柴油发电机是全站黑启动的保安电源, 其油箱容量应能够满足发电机连续满负荷运行 10 h 以上。只要按规定检查维护, 每周定期进行启停试验、随时保证柴油储量, 成功启动并投入的可能性很高。

(5) 励磁系统及装置问题。起励加压后, 可控硅通过电流温度将会逐渐上升。但机组从起励

正常到恢复厂用电供电, 正常时间不会超过 15 min, 远小于规定要求, 不会对可控硅的运行造成严重的不利影响。

(6) 调速器、蝶阀液压系统油泵问题。调速器、蝶阀液压系统的油泵均由交流电动机驱动, 因此, 完全利用蓄能器开启蝶阀和开机对运维人员的心理会有一定影响, 具有一定的操作风险。

(7) 水轮机调节系统及装置。调速器以出口断路器状态为判据决定控制模式。在机组带厂用电或小网孤立运行时, 应将调速器置于频率模式下运行。因此, 必须在合上出口断路器之前拆除出口断路器辅助接点至调速器电气柜外部线, 具有一定的操作风险。

4 黑启动路径的选择

4.1 黑启动电源

- (1) 1 号柴油发电机组;
- (2) 直流 220 V 电源系统。

4.2 黑启动路径

根据黑启动电源, 玉瓦水电站黑启动路径有两条, 分别为:

(1) 启动柴油发电机→启动厂用电→启动机组→将厂用电改由机组供电。该路径具有风险小、安全性高的特点;

(2) 启动机组→启动厂用电。在此过程中存在蓄能器压力无法满足蝶阀开启或机组开机的风险, 开机后又存在励磁功率柜无风机运行和蝶阀、调速器液压系统事故低油压的风险。

4.3 最终确定的黑启动电源

(1) 1 号柴油发电机可靠性高, 应作为黑启动首选电源;

(2) 将直流 220 V 电源作为黑启动的第二选择电源。

5 黑启动方案

5.1 先期处置

当发生全网停电事故造成全站停机、停电后, 运维人员应立即开展先期处置, 包括对主要设备进行重点检查并作好黑启动的准备工作, 重点检查的顺序是机组状态、厂用电跳闸情况、继电保护及自动动作情况等:

(1) 检查甩负荷后停机机组的停机过程是否正常, 对超速机组应注意检查蝶阀是否关闭正常;

(2) 如果机组在“空载”状态, 退出一次调频;

(3)解除调速器电气柜内 X02:3 端子和励磁调节器内 1X2:24 端子外部线;

(4)若两台机同时并列在 10.5 kV I 段母线上空载运行,发生了转速拉锯现象,应尽快将一台机组从出口断路器处解列;

(5)若机组已全部停机,应选择调速器油压装置中油压较高的一台机组做好黑启动准备;

(6)检查 1 号厂用变高压侧断路器 3DL,若未跳闸,仍保持在“合闸”状态;

(7)检查 1 号厂用变低压侧断路器 401DL、400V I II 段母线联络断路器 421DL、2 号厂用变低压侧断路器 402DL 的状态,若未跳闸,应立即拉开;

(8)切除两台机组调速器油压装置油泵、蝶阀液压站油泵、低压气机、渗漏排水泵控制开关;

(9)记录继电保护及自动装置动作情况;

(10)检查 110 kV 朗童线断路器 151DL 状态,若未跳闸,应立即拉开。

5.2 利用 1 号柴油发电机启动操作

(1)检查 1 号厂用变低压侧断路器 401DL、2 号厂用变低压侧断路器 402DL 在“分闸”状态;

(2)给上“备投退出”压板 LP1;

(3)启动 1 号柴油发电机组;

(4)检查 1 号柴油发电机组转速及电压正常后;

(5)合上 1 号柴油发电机本体断路器 403DL-1;

(6)合上 1 号柴油发电机出口断路器 403DL;

(7)检查 400V I 段母线电压正常;

(8)合上 400V I II 段母线联络断路器 412DL;

(9)检查 400V II 段母线电压正常;

(10)根据现场情况,依次将调速器油压装置油泵、蝶阀液压站油泵、低压气机、渗漏排水泵切至自动运行;

(11)解除 1 号机调速器电气柜内 X02:3 端子外部线;

(12)解除励磁调节器柜内 1X2:24 端子外部线;

(13)将励磁调节器“远方/现地”电源开关 QK5 切至“现地”;

(14)将机组自动开机;

(15)待机组转速正常后,以手动方式合上机组出口断路器;

(16)通过机组对 1 号主变零起升压或 100% 电压给定方式起励建压;

(17)检查 10.5 kV I 段母线电压正常;

(18)合上 1 号厂用变高压侧断路器 3DL;

(19)检查 1 号厂用变充电正常;

(20)拉开 1 号柴油发电机出口断路器 403DL;

(21)合上 1 号厂用变低压侧断路器 401DL;

(22)检查 400 V I、II 段母线电压正常。

5.3 利用直流 220 V 电源启动操作

(1)解除 1 号机调速器电气柜内 X02:3 端子外部线;

(2)解除励磁调节器柜内 1X2:24 端子外部线;

(3)将励磁调节器“远方/现地”电源开关 QK5 切至“现地”;

(4)手动开启机组冷却水电动阀;

(5)退出机组检修密封;

(6)拔出机组继电器锁锭;

(7)开启机组蝶阀;

(8)将机组手动开机;

(9)转速正常后将调速器切回“自动”控制;

(10)以手推方式合上机组出口断路器;

(11)通过机组对 1 号主变零起升压或 100% 电压给定方式起励建压;

(12)检查 10.5 kV I 段母线电压正常;

(13)合上 1 号厂用变高压侧断路器 3DL;

(14)检查 1 号厂用变充电正常;

(15)拉开 1 号柴油发电机出口断路器 403DL;

(16)合上 1 号厂用变低压侧断路器 401DL;

(17)检查 400V I、II 段母线电压正常;

(18)依序恢复调速器油压装置、蝶阀液压站、低压气机及渗漏排水泵运行。

6 黑启动试验与实践

6.1 利用柴油发电机电源启动

2017 年 3 月,在完成玉瓦水电站充、放水检查和 1、2 号机组相关试验后,恰遇地方 35 kV 电源较长时间停电,由于当时童家山变电站尚未投运,系统无法向电站倒送电,厂用电消失,且因厂

房尾水围堰已拆除而导致厂房渗漏集水井水位上升较快。由于九寨沟水电开发有限公司非常重视玉瓦水电站的建设,运行维护人员提前半年即进驻现场参与设备安装、调试工作并负责运行规程和各专项预案的编写,因此,抓住地方 35 kV 电源较长时间停电的机会,利用柴油发电机电源启动了玉瓦水电站黑启动方案,顺利地将 1、2 号机开机带厂用电运行,实为以实战代替演练的生动案例。

6.2 利用直流 220 V 电源启动

由于地方 35 kV 电源极不稳定、2017 年 4 月初又发生了较长时间停电的故障,且因电站尚未投运,系统无法向电站倒送电,厂用电消失。运维人员利用直流 220 V 电源启动玉瓦水电站黑启动方案,顺利地将 1、2 号机开机带厂用电运行,再次以实战验证了玉瓦水电站黑启动方案第二路径的可靠性。

7 黑启动注意事项

(1) 注意对 2 台机组蝶阀、调速器油压装置运行情况掌握,尽量选择压油罐油位、油压较高的机组进行黑启动;

(上接第 65 页)

(2) 启动前拉开 110 kV 系统所有断路器、厂用 400 V 母线进线及联络断路器,厂变高压侧断路器保持合闸,由机组对其和主变一起起励建压,压缩操作时间;

(3) 在开机和恢复厂用电过程中,应严格控制机组转速,监视各部轴承温度,发现危及机组安全的异常情况立即停机;

(4) 根据负荷重要情况及轻重缓急,依序恢复厂用电系统正常运行,一般情况下为先恢复蝶阀油压装置、调速器油压装置、励磁风机及渗漏排水泵运行。

8 结语

玉瓦水电站已经投产,通过运行维护人员提前进驻现场参与设备安装、调试工作,负责运行规程和各专项预案的编写,以实战代替演练完成玉瓦水电站黑启动,考验了维护人员心理素质和业务水平,同时也验证了电站设备的可靠性,为电站实现“无人值班,少人值守”奠定了良好的基础。

作者简介:

周振波(1974-),男,广西贺州人,工程师,学士,从事水电站生产运行及维护管理工作。(责任编辑:李燕辉)

表 1 黑河塘水电站 2 号发电机组定、转子绝缘参数记录表

机组	测定日期	测定时间	R15//	R60//	静子温度	表记规格1	R15	转子温度	表记规格
2F	2015/1/5	15:10					2.3		8 1000
2F	2015/1/6	16:15					19.2		8 1000
2F	2015/1/26	15:03				1000	1.4		
2F	2015/1/26	16:40				1000	4.1		
2F	2015/3/9	16:00				1000	1.2		
2F	2015/4/7	11:00					1.4	22	1000
2F	2015/4/23	15:10					7	15	1000
2F	2015/4/24	9:46					7		1000
2F	2015/4/24	11:18					2		1000
2F	2015/7/19	13:15					1		1000
2F	2015/7/19	14:12					6		1000
2F	2015/8/19	17:07					2		1000
2F	2015/8/19	18:00					1.1		1000
2F	2015/8/19	17:50	560	510			1.1		1000
2F	2015/10/11	21:55	430	520		2500	1.2		1000
2F	2015/10/12		260	430		2500	1.2		1000
2F	2015/12/7	15:12					2		1000
2F	2015/12/7	16:15					7		1000
2F	2016/1/28	16:30					6		1000
2F	2016/4/11	16:00	560	350		2500	1.62		
2F	2016/7/23	16:40					1		1000
2F	2016/7/23	16:32					7		1000
2F	2016/10/7	15:05					2		1000
2F	2016/10/7	16:25					6		1000
2F	2016/11/30	15:15					1		1000
2F	2016/11/30	16:35					5		1000
2F	2016/12/29	10:12				1000	78		
2F	2016/12/29	10:15	200	1000		2500			
2F	2017/3/5	15:30					7.4		1000
2F	2017/3/5	16:38					54		1000
2F	2017/3/29	15:10					27		1000
2F	2017/3/29	16:40					67		1000

内设备的运行环境,大大降低了发电机励磁系统受碳粉积聚的影响,有效保证了设备的正常运行,同时较好地解决了原励磁风罩内设备维修不便的问题,该改造方案的实施仅由运维人员结合机组小修工作进行,没有单独占用工期,几乎不发生费

用,取得了较好效果。

作者简介:

周振波(1974-),男,广西贺州人,工程师,学士,从事水电站生产运行及维护管理工作。

(责任编辑:李燕辉)