

水电站黑启动制约因素分析

蒲国庆, 王红俏

(四川华电泸定水电有限公司, 四川 泸定 626100)

摘要:以泸定水电站带线路黑启动试验过程为基础, 确定了黑启动试验的正确步骤, 分析了水电站实现黑启动的必备条件, 明确了水电站黑启动试验的制约因素。

关键词:黑启动; 调速器; 励磁系统; 泸定水电站

中图分类号:TV7; TV737; TV734

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2016)03-0091-04

为防范各种人为及自然灾害或电网设备故障等意外因素造成电网大面积停电而波及水电站全站失压, 必须快速恢复水电站厂用交流电以实现电网送电, 进而最大程度地降低电网停电造成的损失。

水电站黑启动是指在厂用交流电源消失和进水口工作闸门开启的情况下, 利用水电站机组压油装置蓄能的特点完成机组的自启动; 或利用水电站事故备用电源(如柴油发电机等)开启进水口工作闸门并恢复一台或多台机组的厂用交流电源, 继而完成机组的启动、建压、恢复厂用交流电并对外配合调度恢复电网送电的功能。笔者以大渡河泸定水电站黑启动试验为例开展研究, 泸定水电站位于大渡河中游, 为大渡河流域规划 22 个梯级中的第 12 级电站, 电站装机容量为 920 MW, 安装 4 台混流式水轮发电机组, 以 500 kV 电压等级的泸甘线接入甘谷地变电站, 是四川电网甘孜片区指定的黑启动电厂。

1 黑启动试验的目的

通过对水电站机组进行黑启动试验, 可以测试机组黑启动特征参数, 检验机组黑启动安全条件和调速器在小系统中的运行性能, 从而查找出机组黑启动能力的制约因素。

2 黑启动试验的准备及试验条件

2.1 技术资料的准备

《水电站电气主接线图》、《水电站厂区 10 kV 供电接线图》、《水电站柴油发电机主接线图》以及调速器系统用户手册及试验报告、励磁系统用户手册及试验报告、机组保护装置等与黑启动试

验相关的技术资料等均需准备。

2.2 黑启动前机组性能检查

(1) 在水轮发电机组动力电源正常的情况下, 开机至空载, 切断励磁整流柜风机电源(记录风机电源切除时间), 记录励磁可控硅温度上升情况(每 10 min 测量可控硅温度一次并记录), 同时记录励磁整流柜风机断电后的报警时间。

(2) 将水轮发电机组开至空转, 待其正常后断开调速器油压装置控制柜工作电源, 切除机组油压装置工作及备用油泵, 小开度开启压油罐排油阀调节压油装置油压至工作泵启动油压后关闭, 监视压油罐压力表指示是否正确, 记录该压力下的实际油位值。

小开度开启压油罐排油阀, 调节压油装置的油压至事故低油压动作值, 观察并记录水轮发电机组事故低油压动作情况(特别是调速器油压装置控制屏失电时事故低油压能否正确动作; 若事故低油压不动作, 可手动操作压油装置油泵, 将压油罐油压提高至正常油压), 记录事故低油压整定值和停机后的压油罐油压、油位值以及机组停机时间。

2.3 压油装置油压和油位特征值的率定

切除压油装置油泵, 分别在水轮发电机组停机、空转、空载、负载工况下测试并记录压油罐油压和油位下降情况, 确定机组黑启动时间限制条件, 防止黑启动过程中机组超速和事故低油压动作, 进而引发和扩大事故。

(1) 将水轮发电机组开机并网, 并将负荷加至满负荷。

(2) 降低水轮发电机组压油装置之压油罐油

收稿日期: 2015-12-12

压至启动主用油泵油压值,检查机组压油装置油位在正常范围并记录。

(3)切除水轮发电机组压油装置的工作和备用油泵。

(4)将水轮发电机组负荷减至零,停机,观察并记录调速器油压、油位。当机组停机时,记录机组压油装置油压、油位值;机组维持停机状态下15 min后,分别记录机组油压装置的油压和油位值。

(5)将水轮发电机组开机至空载工况,分别记录机组压油装置的油压和油位。

(6)在上述过程中,监视水轮发电机组油压装置的油压不能低于事故低油压整定值,油位不得低于低油位报警值,否则手动启动油泵以维持油压和油位。

上述试验完成后,依据试验结果确定在水轮发电机组调速器压油装置无工作油泵电源情况下开机至空载工况需要的最低油压和最低油位,以防止黑启动过程中机组超速和事故低油压动作,同时避免调速器管路进气进而引发和扩大事故。

2.4 漏油箱油位

切除水轮发电机组漏油泵,开机至空载,测试漏油箱油位随时间的上升速率,确定满足机组黑启动的要求。

2.5 渗漏集水井

厂内渗漏集水井排水泵停止工作,计算集水井水位上升速率,确保在集水井水位达到报警值前黑启动成功,以免造成水淹厂房的事故。

2.6 直流系统

试验前,确认直流系统控制母线电压正常,记录电压值,并确认最大冲击负荷。

2.7 计算机监控系统

(1)对全厂计算机监控系统的主控级和现地级分别进行交流电源中断试验,验证计算机监控系统在厂用交流电源消失时能否正常工作。

(2)另外,为保障计算机监控系统的电源安

全,应准确掌握计算机监控系统电源(UPS电源或逆变电源)的工作特性,分析计算机监控系统在黑启动方式下、厂用电断电时可连续工作的保证时间。

3 黑启动试验的内容及步骤

3.1 试验前的检查工作

检查确认油位、油压、励磁、直流系统、UPS电源(或逆变电源)均满足黑启动试验条件。

3.2 试验步骤

(1)试验前,按照调度下达的运行方式将试验机组有功负荷带满,并将机组压油装置油压调整至主用油泵启动值,油位调整至接近下限。

(2)联系调度,申请试验甩负荷。检查全站厂用电系统失压,站内事故照明正常。

(3)停试验机组,监视试验机组停机过程(因交流电源已中断,此时机组将不能自动加闸而需手动加闸,同时技术供水阀门也不能关闭,停机流程不能正常执行),记录试验压油装置油压、油位及停机时间(停机过程中全站厂用电消失,为确保安全停机,应做好相应的事故预想和防护措施)。

(4)试验机组停机后,为防止机组在黑启动过程中因主变冷却器全停而造成事故停机,将试验机组压油装置中的1#、2#压油泵控制方式至切除。

(5)现地检查试验机组风闸复归,压油罐油位不低于下限且油压满足开机要求;拔出试验机组接力器锁定,将试验机组电调切“现地”、“电手动”,缓慢开机至“空转”正常后,将试验机组电调切“自动”运行。

(6)将试验机组励磁系统控制方式切“现地”,采用全电压启动。

(7)恢复厂用10 kV供电、厂用400 V供电。

4 试验内容及过程

泸定水电站黑启动试验数据见表1,录波情况见图1、2、3。

从图1~3中可以测出2F机组电压从起励值

表1 黑启动试验过程及测试记录结果表

序号	项目	启动前	开机	空转	空载	厂用电恢复	备注
1	时间(h:min)	1:30	1:31	1:34	1:35	1:36	
2	油压/MPa	5.92	5.92	5.73	5.73	5.72	
3	油位/mm	267	267	220	216	215	
4	开度/%			20.2		20.2	
5	电压/kV				15.8		

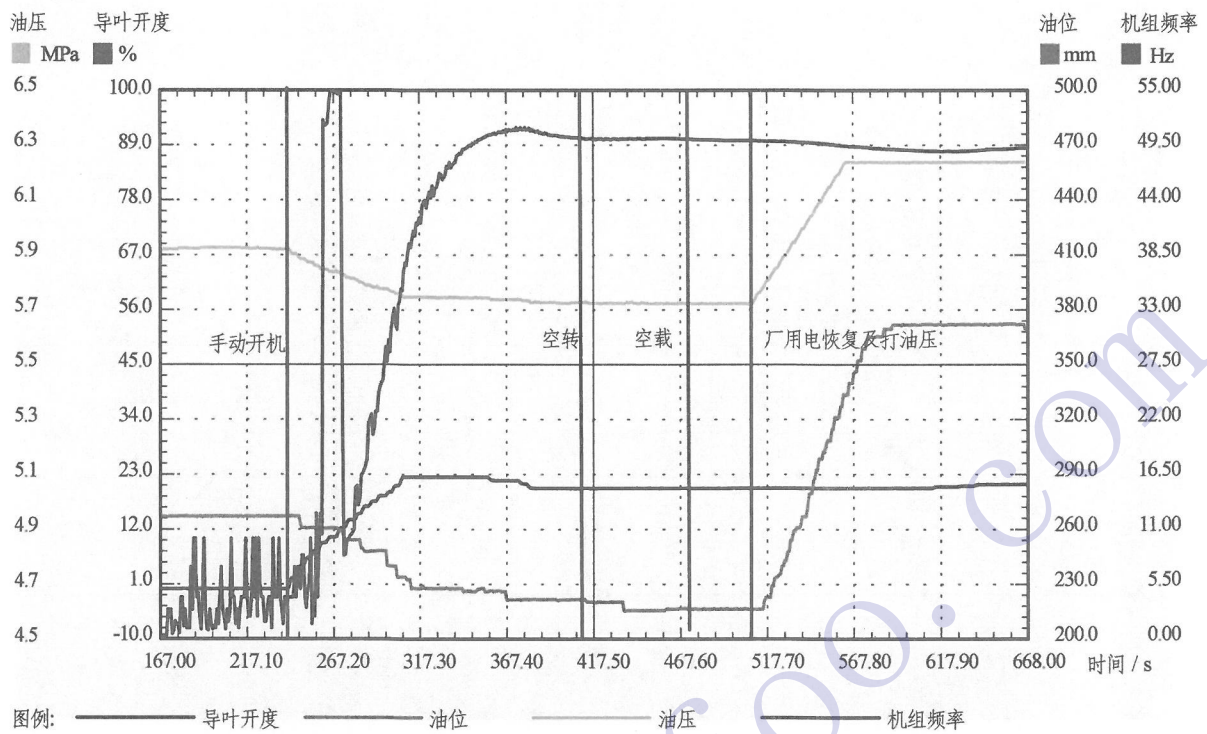


图 1 黑启动过程手动开机至油泵启动油压油位录波图

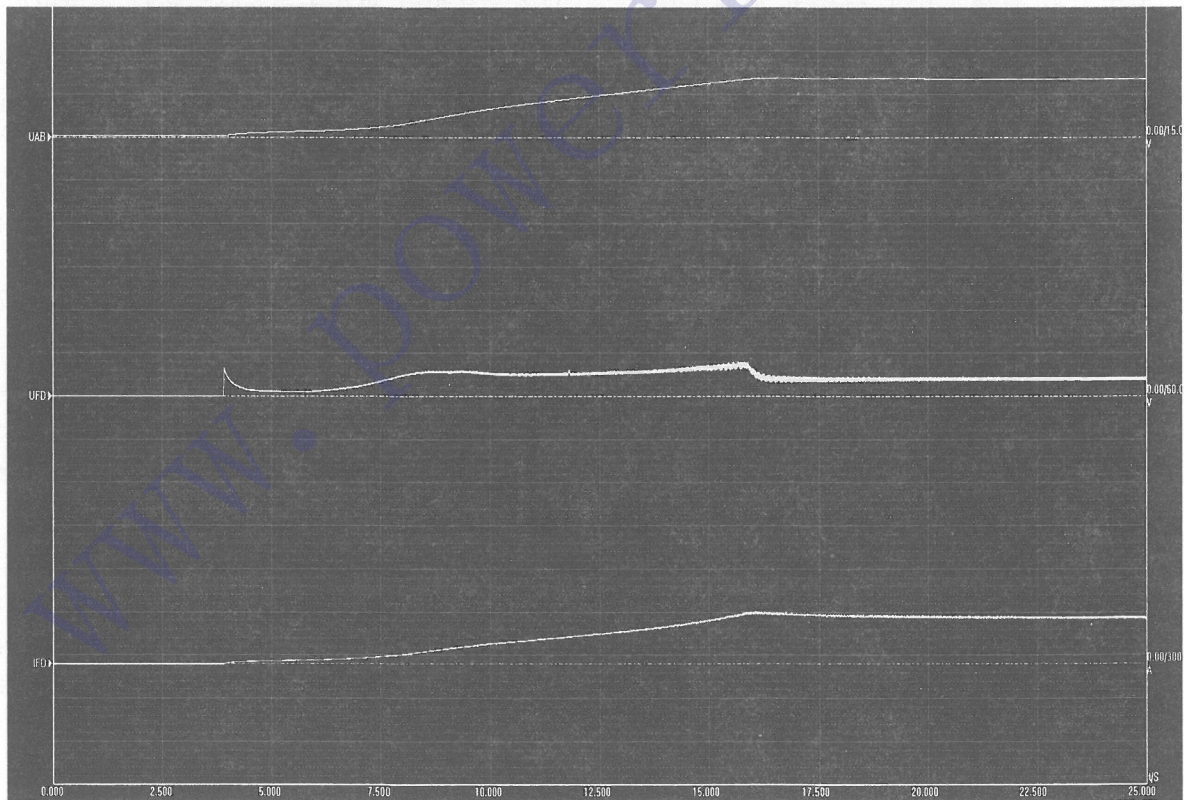


图 2 黑启动 2 F 机组启励录波图

到额定值所用时间为 12.107 s, 满足黑启动要求。

机组电压升压至额定电压后, 500 kV 线路

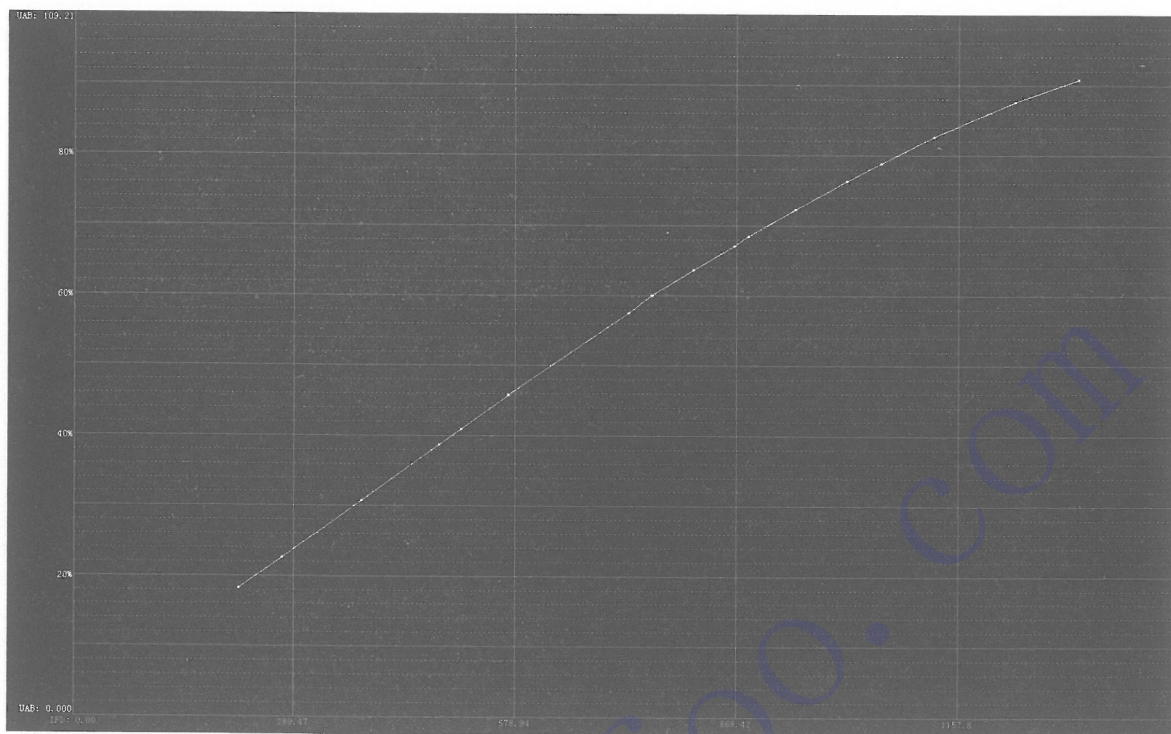


图3 黑启动3 F机组带500 kV线路零起升压录波图

母线电压正常:母线电压为536 kV;线路电压为536 kV;发电机电压为15.62 kV;机组无功:-18.3 MVar。

5 结 语

笔者通过从事水电厂多年工作取得的经验和此次泸定水电站水轮发电机组黑启动试验,建议水电厂黑启动中励磁系统、油压装置、漏油装置、渗漏集水井、直流系统以及设计计算机监控系统应具备以下条件:

(1)励磁系统应保证整流柜风机全部停风后2~3 min内励磁系统不发生故障停机,整流柜温升不大于60℃。对于长线路充电问题,如果黑启动的机组需要向系统充电,则需要考虑线路末端过电压及机组自励磁,故黑启动机组带长线路起励时应采用手动起励、逐步升压的方式。

(2)从试验结果看,油压装置油压为5.1 MPa时,可通过手动补气将油压升至5.92 MPa,此时开始黑启动,油压为5.72 MPa时厂用电恢复,该油压远高于事故低油压保护整定值(4.9 MPa);试验前,机组经历了甩负荷及停机过程,油量消耗较大,在此基础上,机组仍黑启动成功,从而验证了机组即使在满负荷时发生全厂失压停机后,通

过合理的程序、操作方式和时间控制,也可以保证黑启动成功。压油装置的油压和油位特征值对应机组接力器全行程耗油量,压油罐油储量满足机组接力器两次全行程往返的耗油量。在正常情况下,油压装置的油压可以保证机组进行一次正常的自启动,但需要注意压油槽的油气比例,压油槽油位不能低于正常操作的最低油位。

(3)电站柴油发电机启动正常可靠,具备快速向厂用电母线充电、带负荷能力,机组能够通过柴油发电机带辅助设备开机并网。为避免辅助设备同时启停时对柴油发电机的冲击,建议柴油发电机带厂用电时主要辅助设备采用手动控制,依次启动。

(4)由于机组黑启动为非正常运行方式,且因现在修建的水电站自动化水平较高、日常值班人员较少,为了在事故情况下有效地快速实现黑启动,有条件的水电站应在全厂计算机监控系统中针对机组的黑启动条件和方式(包括开机条件、参数限制值及保护闭锁等)增加机组的黑启动流程。

(5)在漏油泵停止运行的情况下,水轮发电

(下转第101页)

系统的关键节点,并针对其采取可靠的技术措施和组织措施。在相同投入的情况下,在安全 I 区和通信网络的边界投入更多的资源实施防护效果将更为理想。

4 结语

从实际运行情况看,二次系统受到的威胁更多的还是来自于系统内部,如移动存储器、笔记本计算机传播的恶意代码,而非技术难度极高的外部侵入。对于前者,在有效的管理制度下可以杜绝;后者虽然罕见,但一旦发生几乎都是恶意行为,易造成重大损失,需要采取强有力的技术措施对抗外部入侵。在现代电力系统中,电厂、电网单

(上接第 56 页)

试验测试结果表明:标称面积 120 mm^2 的多股裸铜绞线剪断前与剪断再进行铝热焊接连接后其电阻值未出现明显变化,导线焊接前后电阻率变化接近于零,满足技术规范要求。

6 铝热焊接的注意事项

(1) 反应后被熔接物温度较高,应注意操作者不要被烫伤。操作过程中,操作者需戴上石棉手套,佩戴护目墨镜。

(2) 每次开工焊接前应使用加热工具(如烘干箱、喷灯、预热枪)干燥模具、驱除水气并进行预热。若连续作业,可以不加热与除湿。

(3) 模具夹是用于开合和夹紧上下模的,模具夹的紧密度对熔接的效果有影响,因此,需要在焊接开始前认真检查模具夹并作适当调整。

(4) 不可将超出或者小于模具对应型号的被焊接导线强行放入模具进行焊接。

(5) 被焊接导线必须保持洁净和干燥。

(6) 在切割被焊接导线时,要注意保证其切

(上接第 94 页)

机组开机至空载,漏油箱油位上升应不超过漏油箱容量的 90%。

(6) 厂内渗漏集水井排水泵停止工作,集水井水位上升速率应满足 3 h 内集水井水位达到报警值前黑启动成功,以免造成水淹厂房的事故。

(7) 直流系统应满足直流系统控制母线电压在最大冲击负荷时电压波动小于 10% 的额定电压、厂用交流电源消失时可连续工作的保证时间应大于 8 h。

(8) 对全厂计算机监控系统的主控级和现地级分别进行了交流电源中断试验,计算机监控系统电源(UPS 电源或逆变电源)应满足在厂用交

流电源消失时可连续工作的保证时间大于 4 h。

独讨论二次安全防护并无意义,二次安全防护系统出现任何漏洞都意味着防护失败。建立完善的管理制度防范内部攻击,依靠严密的技术手段对抗外部入侵,只有将两者相结合才是真正的二次安全防护体系。另外,虽然二次系统安全防护的水平高低取决于系统中最薄弱的部位,但这并非意味着要在整个防护体系中平均资源,对系统的关键点作有针对性地防护其效果显然更佳,也更具有现实意义。

作者简介:

潘亮(1983-),男,四川遂宁人,工程师,从事水电厂自动化监控工作。(责任编辑:李燕辉)

口平整;对于散开的多股绞线可以用铜丝或胶布固定,避免焊接时引起焊液渗漏。

(7) 焊剂、引火粉储存时要防潮和防火。发生火灾时,不能用水和液体灭火剂灭火。遇紧急情况时,应使用干砂或干粉灭火器灭火。

7 结语

苏丹上阿特巴拉电站的接地系统从坝底岩石中的垂直接地极到大坝混凝土中的接地网以及到各设备的连接施工全部采用铝热焊接,接地铝热焊接质量一次性验收通过率高。铝热焊接体现了其优越性,焊接施工设备简单,无需外部能源,操作与携带方便,可以在钢筋林立的狭小空间以及高空中实施接地导线的焊接,焊接后经测试导线的电阻值基本没有变化,完全满足在当地条件下的接地施工要求。

作者简介:

殷高翔(1973-),男,贵州遵义人,高级工程师,学士,从事金属结构设备安装施工技术与管理工。

(责任编辑:李燕辉)

流电源消失时可连续工作的保证时间大于 4 h。

(9) 顶盖排水泵停止运行期间,顶盖水位的上升不得超过最高水位。

(10) 机组进水管事故闸门或主阀应具备无交流电源时仅依靠自重关闭功能。

(11) 厂区、控制区事故照明不低于 10 LUX,持续时间大于 8 h。

作者简介:

蒲国庆(1973-),男,四川广元人,副主任,高级工程师,学士,从事水电站机电设备维护技术与管理工;

王红俏(1976-),女,四川绵阳人,工程师,学士,从事水电站机电设备维护技术与管理工。

(责任编辑:李燕辉)