

发电机出口固定式真空断路器偷合后 相关问题的分析与探讨

唐先均, 刘子龙

(四川久隆水电开发有限公司, 四川 成都 610041)

摘要:针对斜卡水电站3F发电机组自动停机过程中出现了机组LCU分开断路器4s后断路器又异常合上的问题进行了故障分析、原因查找,最终确认造成断路器分闸后偷合的原因为断路器本体机构问题并进行了处理。同时,就断路器偷合后对发电机的冲击及危害性、发电机保护配置及动作情况、保护配置完善措施等问题进行了探讨。

关键词:断路器偷合;非同期;危害性;保护分析;斜卡水电站

中图分类号:TV7;TV734;TV737

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)增2-0038-02

1 概述

1.1 机组断路器偷合故障的出现

斜卡水电站3F机组自动停机过程中,3F机组有无功已减至并网状态下的最小值。2015年11月4日2时30分58.27秒,集控发令分开3F机组出口断路器正常,机组空载态;31 min 1 s,监控发励磁停机令;31 min 2 s,功率柜风机退出;31 min 2.86 s,机组出口断路器合闸,机组有功-3 MW,无功-25.49 Mvar;31 min 3.5 s,机组“发电态”,随后“不定态”,机组发出“吼”声,3台机组振摆大、振摆过大告警,发电机、变压器及线路保护均启动告警;31 min 6.8 s,3F机组稳定在“发电态”,机端电压大于95%动作,机组有功1.67 MW,无功-25.49 Mvar;32 min 58 s,集控远方发3F机组停机令,停机正常。

1.2 断路器偷合原因的查找

经过全面排查,未发现监控上位机有人为操作合闸记录,亦无现地手动合闸迹象;检查同期回路、电气合闸二次回路元器件及合闸回路控制电源,均未发现可能造成断路器偷合的问题。

随后对断路器本体机构进行了检查,检查实验中,断路器本体偶然出现了1次本体机械合闸按钮被二次接线卡住不能复位的情况,检查中发现二次线上有较多旧刮痕。断路器在检查实验中还出现了分闸储能现象。而根据断路器储能原理,正常情况下应合闸后储能。

经过反复进行分合闸动作实验,最终模拟出

了断路器分闸后偷合故障状态。具体操作方法为:

在断路器合闸并已储能正常时,将断路器手动合闸按钮按下,使合闸按钮处在合闸后未完全弹起的位置,现地手动分开断路器,随即按下合闸按钮并及时复位,弹簧储能机构的能量在合闸按钮按下时被全部释放后储能弹簧重新储能,4s后储满能,随后被已复位的合闸按钮联动的凸轮限位住。此时模拟被二次电缆卡住的合闸按钮因振动再次被按下,断路器合闸。

模拟实验中,断路器分闸后的储能时间与断路器分闸后偷合故障的时间基本吻合,均为4s左右,说明了模拟实验与真实故障状态的一致性。因此,可以确定造成断路器偷合的原因是机械合闸按钮被二次线卡住而导致其无法复位。

1.3 断路器本体处理

为防止再次出现断路器二次线卡住合闸按钮的情况,我们重新整理并调整了断路器内部二次控制线走线方式并绑扎牢固,以确保合闸按钮按下后与二次线之间的距离大于1cm,使其无被卡住的可能。处理完毕,分别在现地机械、电气、保护及监控方式下多次重复操作实验,断路器动作正常。经过2a时间的运行,断路器再未出现过分闸后偷合的情况。

2 机组断路器非同期偷合后造成的危害分析

通过分析3F机组出口断路器偷合前后机端及系统电压向量图(图1)可知:

断路器偷合时,机端电压与系统电压压差大,系统电压为机端电压的3倍多,合闸时,发电机内

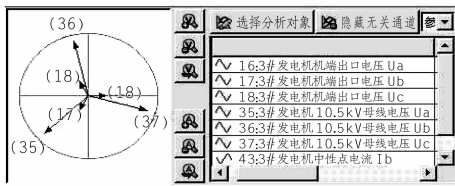


图1 3F机组断路器偷合前机端及系统电压向量图

部会产生很大的冲击电流,其周期分量有效值为 $I_{im} = |\Delta U|/X''_d$,机端电压小于系统电压, I_{im} 超前机端电压 90° ,对发电机起助磁作用,发电机并列后立即从系统吸收无功。因 $|\Delta U|$ 很大,则 I_{im} (因为次暂态电抗 X''_d 很小) 过大,将会使定子绕组严重过热,或使定子绕组端部在电动力作用下受损。

断路器偷合时,机端电压超前系统电压相位约 130° ,合闸时,发电机内部同样会产生很大的冲击电流,其周期分量有效值为 $I_{im} = \Delta U/X_d = 2U/X_d \sin(\delta/2)$,机端电压超前系统电压,发电机并入系统时会发出有功,对发电机起制动作用,有助于将机端电压拉到与系统电压同步。 δ 越接近 180° ,冲击电流 I_{im} 越大,其有功分量会在发电机轴上产生冲击力矩使设备损坏,可能导致发电机轴扭曲。特别是 $\delta = 180^\circ$ 时, I_{im} 接近机端三相短路电流的两倍,对设备的破坏性最为严重。

本次3F机组断路器非同期偷合对机组及相邻一次设备产生了极大的冲击,系统电压与机端电压间的电压差和相位差均较大,产生的冲击电流会叠加,从而加剧了对一次设备的破坏性,可能产生了不可逆的永久性物理损伤。

3 发电机保护动作情况分析

3F机组出口断路器非同期偷合后到最终集控远方停机,其间无任何发电机保护动作及时切除故障,因此,需对发电机保护配置及动作情况进行分析。

发电机保护配置情况:差动保护,横差保护,发电机过流保护,定子接地保护,转子一点接地保护,失磁保护,定子过负荷保护,励磁过流,发电机过电压保护与低频保护。

通过录波文件查看断路器偷合前后系统电压、机端电压、定子电流等参数并进行分析可知:偷合后发电机定子电流最大达到额定电流的3.5倍,随后逐步减小并恢复正常;机端电压最小时约为0.5倍额定电压,随后逐步增大并恢复正常,其他均正常。因此,除有过电流判据的失磁保护、发

电机过流及定子过负荷保护有可能动作外,其他保护均不满足启动条件。

3.1 定子过负荷及发电机过流保护情况分析

通过查看机组故障录波文件得知断路器偷合后定子电流超过额定值3.64 A的保持时间仅为0.65 s,定子过负荷保护动作定值4.02 A,延时6 s告警,发电机过流保护动作定值5.36 A,延时2.5 s出口跳闸,因此,定子过负荷与发电机过流保护均达不到保护动作延时,保护不会动作。

3.2 失磁保护情况分析

(1) CSC-306数字式发电机保护装置失磁保护的主要判据:①当前阻抗落入静稳圆内、转子低电压、逆无功条件满足,延时1 s发信、出口;②当前阻抗落入静稳圆内、转子低电压、机端低电压或母线低电压、逆无功条件满足,延时0.5 s发信、出口;③当前阻抗落入异步圆内、逆无功、负序电压满足,延时0.5 s发信、出口。

(2) 故障时失磁保护分析。

通过机组故障录波文件分析整个故障过程得知:断路器偷合后,机组阻抗由合闸前非常大的稳态值迅速落入阻抗平面静稳圆第1象限内,随后进入第4象限并快速落入异步圆内,接着进入第3象限静稳圆和异步圆内,随后机组阻抗先后离开异步圆、静稳圆(离开异步圆的时间约为340 ms,此后再未落入静稳圆和异步圆内),机组阻抗在第3、4象限内来回摆动数次后回到第1象限,阻抗值较大,远离静稳圆和异步圆区域。

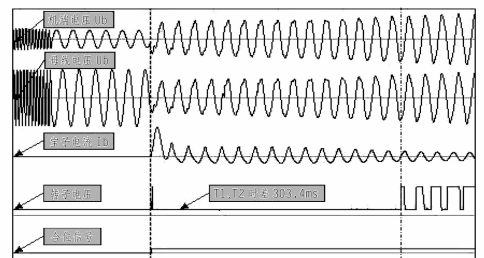


图2 3F机组断路器偷合后定子电压录波图

断路器偷合后失磁保护转子低电压判据、逆无功判据满足,约304 ms后转子低电压复归(图2),随后励磁系统正常工作,转子低电压保持时间小于0.5 s,失磁保护第1、2条动作判据延时不满足,闭锁失磁保护。机组阻抗落入异步圆的保持时间为340 ms,小于0.5 s,失磁保护第3条动

(下转第81页)

担的法律责任。在合同实施过程中,往往因不可预见的情况导致合同双方在履约过程中出现分歧,因此,除合同双方友好协商外,还应在合同中明确违约责任,以约束双方的行为。

3.4 设计与施工牵头 EPC 总承包具有的优势

以设计牵头的 EPC 总承包模式使工程项目在设计阶段对工程总布置发挥出更大的效能。在满足工程安全和效能最大化的前提下进行优化设计,减少了工程量,缩短了工期。

以施工牵头的 EPC 总承包模式在工程项目施工总布置和施工管理上发挥了明显优势。从施工网络各环节的衔接、协调、管理,可以最大限度地优化施工进度,更好地协调水电工程在机电设备安装、调试运行阶段的干扰。

4 水电工程 EPC 总承包具有的优缺点

4.1 优点

(1) 业主由对工程项目的设计、施工等各阶段组织、实施管理转变为对工程的目标进行管理和控制。

(2) 业主审批的设计变更减少,有利于缩短工期。

(3) 工程项目的最终价格和要求的工期具有更大程度的确定性。

4.2 缺点

(1) 项目业主对水电工程建设全过程具有的

(上接第 39 页)

作判据延时不满足,闭锁失磁保护,因此,发电机失磁保护不会动作。

4 关于机组断路器偷合后的进一步思考

断路器偷合后,失磁保护未动作的原因在于转子低电压判据及时复归闭锁了失磁保护。断路器分闸后励磁系统进行逆变灭磁,灭磁未成功之前,机组断路器突然合闸,在这种特定的情况下,励磁系统会迅速恢复发电工作状态正常励磁建压,避免了机组转异步电动机运行情况的发生。如果机组断路器在励磁系统灭磁成功后合闸,机组很可能会变为异步电动机运行而损伤发电机。

由此可见,目前的发电机保护配置不够完善,不能快速、有效地切除断路器偷合或误上电故障,存在保护盲区。断路器偷合或误上电后,发电机可能异步启动且对发电机造成很大的冲击,虽然失磁保护、后备保护也可能满足动作条件,但其时限较长,灵敏度不够,不能及时切除故障。

管控力度减弱,对全面掌握工程建设过程的信息可能不及时、不准确。

(2) 总承包商对整个项目的成本工期和质量全面负责,加大了总承包商的风险。总承包商为降低风险、获得更多的利润,可能通过调整设计方案来降低成本,其可能会对水电项目长期运行效能产生不良影响。

(3) 由于 EPC 工程总承包模式一般采用的是总价合同,总承包商获得业主变更令及追加费用的弹性很小,可能会影响到工程的建设工期。

5 结 语

(1) EPC 工程总承包模式是国际上比较成熟的服务采购模式,在我国水电工程建设中具有很良好的运用前景。

(2) EPC 工程总承包模式具有明显的优势。但是,在 EPC 合同条款中,对双方权利义务的约定一定要明确,更重要的是合同执行过程中双方要具有良好的履约诚信度。

(3) 根据 EPC 工程总承包模式国际通用的特点,结合我国水电工程建设管理法律法规和规程规范,对水电工程实施 EPC 工程总承包模式还需要不断地进行完善。

作者简介:

孙 祥(1963-),男,甘肃平凉人,副总经理兼总工程师,高级工程师,从事水电工程建设技术与质量管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

为了防范此类故障再次发生而损伤发电设备,可以增加断路器误上电保护。误上电保护使用断路器由分变合位信号、定子电流作为启动元件,机端低电压或低频率作为闭锁元件,短延时出口跳闸,可在机组断路器误合闸后短时限内做出判断并跳开机组断路器,防止发电设备受损。

5 结 语

发电机出口断路器偷合对发电机定转子及相邻一次设备都具有极大的冲击和潜在损害风险,应从机组断路器设备选型、完善保护设计及定期检查维护等方面加强管控。本案例说明了高可靠性的断路器和完善的发电机保护配置对发电机安全的重要性。

作者简介:

唐先均(1984-),男,四川宣汉人,工程师,从事水电站电气设备技术工作;

刘子龙(1983-),男,内蒙古赤峰人,厂长助理,工程师,从事水电站电气设备技术与管理工。

(责任编辑:李燕辉)