

某核电站反应堆冷却泵 6 号加热器失电故障原因分析及改进措施

Cause Analysis and Improvement Measures of Power Loss of No.6 Heater of Reactor Cooling Pump in a Nuclear Power Plant

董磊 梁嘉豪 唐华

Lei Dong Jiahao Liang Hua Tang

中广核核电运营有限公司
中国·广东 阳江 529500
Zhongguang Nuclear Power Operation Co., Ltd.,
Yangjiang, Guangdong, 529500, China

【摘要】某核电站大修期间出现反应堆冷却泵加热器上游断路器故障跳闸问题,通过分析信号记录、设备说明书,并进行了断路器特性试验,最终确定跳闸的根本原因是高温下断路器容量下降,导致断路器过载保护动作,同时还提供了部分改进方案。

【Abstract】The fault tripping problem of circuit breaker upstream of reactor cooling pump heater occurred during the overhaul of a nuclear power plant. By analyzing the signal record, equipment specification and circuit breaker characteristic test, it is finally determined that the fundamental cause of tripping is the decrease of circuit breaker capacity at high temperature, which leads to the overload protection action of circuit breaker. At the same time, this paper also provides some improvement schemes.

【关键词】加热器;断路器;容量下降;过载保护

【Keywords】heater; circuit breaker; decrease of capacity; overload protection

【DOI】10.36012/peti.v1i1.372

1 引言

某核电站 4 号机组大修期间,主控触发反应堆冷却泵 6 号加热器(4RCP006RS)配电装置故障报警,查询实时信息监控系统(KNS),发现上游断路器在加热器投运约 2h 后跳闸。现场测量加热器绝缘电阻正常,通过技术决策将断路器过载定值调整为 320A,随后加热器重新投运,电流稳定在 220~230A,1.6h 后断路器再次跳闸。本文就该故障进行了详细分析。

2 加热器失电原因初步分析

4RCP006RS 上游断路器 4LLB03M1 属于塑壳式断路器,该断路器具有过载保护功能,其过载保护最大设定电流值为 320A。现场对断路器相间及对地分别测量绝缘电阻,均无异常。复测下游加热器绝缘电阻,确认均无异常,检查 4RCP006RS 配电柜出线断路器均未跳闸,以上信息可排除下游设备过流导致断路器跳闸,同时,4LLB03M1 间隔断路器过载动作指示灯亮起,由此可确认过载保护动作导致断路器跳闸。

3 断路器跳闸原因分析

3.1 T5N400TMA320 型断路器简介

4RCP006RS 上游断路器 4LLB03M1 使用的是 T5N400TMA320 型断路器,该断路器是由厦门 ABB 低压电器设备有限公司生产,自带灭弧功能^[1],能够快速分断大电流,其基础结构如图 1 所示。

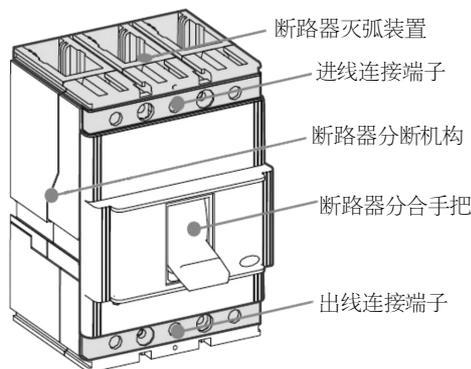


图 1 T5N400TMA320 型断路器基础结构

查询核电站设备维修手册可知,塑壳断路器 T5N400 TMA320 的工作温度为 $-25\sim+70^{\circ}\text{C}$,随着温度的升高,断路器的脱扣器 I_n 容量逐步降低。该类型断路器脱扣结构为双金属片式,是通过感知温度变化来产生形变,进而推动热脱扣器动作,使得断路器跳闸。故断路器环境温度对其脱扣动作值存在较大的影响。

3.2 断路器跳闸可能原因分析

核电站断路器故障跳闸的原因众多,根据现场出现的故障现象及以往检修经验,现对可能引发断路器跳闸的常见故障进行分析,进一步确定深度故障分析方向。

3.2.1 断路器过载保护定值设定偏小

断路器第一次跳闸前过载保护定值设定为 248A,跳闸后经过技术决策,将过载保护定值调整至最大 320A,修改后投运再次跳闸,说明保护定值的调节未消除故障缺陷。后面对断路器进行了特性测试^[2],故障断路器在环境温度 40°C 和 60°C 通流试验(230A)运行 4h 未跳闸,可以排除断路器过载保护定值设定偏小而导致故障跳闸的可能。

3.2.2 过载定值调整机构异常导致定值漂移

对故障断路器进行解体检查,发现断路器的触头无烧蚀打弧,调整机构稳定,无变形弯曲,同时,对调整机构进行试验,测量机构位移量,发现与全新的备件断路器一致,多次试验偏差量在合格范围内,排除调整机构异常故障的可能。

3.2.3 断路器受温度影响热脱扣定值漂移

根据断路器说明书及厂家答复,该类型断路器的极限工作温度为 70°C (环境温度);以 40°C 为基准,每上升 10°C 将导致断路器容量下降近 20%。通过测温可知,在现场加热器投运的情况下,环境温度可达到 70°C 以上,性能相较其他正常断路器偏低,进而发生过载动作。

通过分析可知,断路器受温度影响热脱扣定值漂移的可能性最大,为论证该观点的正确性,将断路器送往 ABB 厂家进行模拟现场工况试验。

3.3 断路器特性测试结果分析

将故障断路器送往 ABB 厂家检测,维持故障开关设定不变,测试条件为断路器放置在恒温箱(模拟现场温度)。试验数据见表 1。

根据表 1 检测结果可知,当环境温度为 60°C 时(试验四),故障断路器在通以 I_n 电流时脱扣时间为 2383s,虽然该脱扣时间满足 60°C 降容的标准,但对比 40°C 环境温度下, $1.05I_n$ 电流时 2h 不脱扣(试验二),可明显看出试验结果符合该类型断路器随着温度升高断路器容量降低的特性。根据专业现场测温可知,断路器正常运行期间温度可达 75°C 以上,故可以推断出现场加热器投入运行后,设备温度上升,从而导致断路器过载保护容量下降^[3],最终引发断路器跳闸。

4 结论及改进措施

通过分析发现该断路器耐高温能力差,在温度较高情况下,断路器容量下降超出预期,进而导致断路器过载保护性能下降,从而发生跳闸。

为避免该类断路器再次发生此类故障,现提出两项改进措施:①稳定现场环境温度,在断路器配电柜房间加装空调,将环境温度控制在 40°C 左右,避免断路器因温度原因导致容量下降。②加强断路器配电柜通风,可在柜顶安装垂直风扇,加强空气流通,降低断路器本体温度,保证断路器的过载保护容量。同时,可制定断路器老化处理方案,在设备运行一定期限后对其进行更换。

参考文献

- [1]刘雅妮,朱琦琦,邓建青,等.灭弧室合闸阻力值计算与实测[J].科技经济导刊,2016(1):60-61.
- [2]沈金波,李宏文,王景凯.小型断路器接线端子温度特性的试验研究[J].建筑电气,2009(1):56-58.
- [3]杨嘉辰,陆庭钰.断路器状态检修策略[J].科技资讯,2018,4(9):112-115.

表 1 故障断路器返厂特性测试记录表

样品	试验编号	开关设置	环境温度/ $^{\circ}\text{C}$	施加电流	持续时间	测试结果	各部位最高温度/ $^{\circ}\text{C}$	备注
故障样品 T5N TM A32 03P	试验一	MAX	40	230A	4h	没有脱扣	进线端子:66.8;出线端子 63.5;本体左侧面:71.8;开关右侧面:65.6	无
	试验二	MAX	40	$1.05I_n$ $1.3I_n$	2h	$1.05I_n$, 2h 不脱扣; $1.3I_n$, 64s 脱扣	注: $I_n=320\text{A}$,未测温	满足国标要求。
	试验三	MAX	60	230A	4h	没有脱扣	进线端子:79;出线端子 76.6;本体左侧面:82.7;开关右侧面:76.9	无
	试验四	MAX	60	I_n $2I_n$ $3I_n$	4h 30min 30min	2383s 脱扣 221s 脱扣 95s 脱扣	注: $I_n=320\text{A}$,未测温 注: $I_n=320\text{A}$,未测温 注: $I_n=320\text{A}$,未测温	非标试验,温度上升后没有降容,目前没有 60°C 不降容的曲线,对比 60°C 降容的曲线,该脱扣时间满足标准 非标试验, 40°C , $2I_n$ 电流参考脱扣范围:136.2~1073.2s 非标试验, 40°C , $3I_n$ 电流参考脱扣范围:40~300s