

发电机定子线棒泄露处理技术要点分析

徐建伟

国家能源集团内蒙古国华准格尔发电有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要: 随着我国社会经济迅猛发展,人们生活水平也大幅提高,用电量也日益增加,对于发电技术的要求也越来越高。电力行业作为社会发展的重要支柱产业,发电专业又是电力行业的主要组成部分,技术水平应当与时俱进,精益求精,发电机定子线棒的研究也应越来越完善。基于此,文章详细论述了发电机定子线棒泄露处理技术要点,旨在为相关研究人员提供参考,为行业技术发展贡献应有之力。

关键词: 发电机 定子线棒 技术要点

1 发电机概况

国家能源集团内蒙古国华准格尔发电有限责任公司(以下简称国华准电)1号发电机是北京北重汽轮机有限责任公司(以下简称北重)引进法国ALSTOM生产的纯进口无刷励磁机组,采用水—氢—氢冷却方式,即定子绕组水内冷、转子绕组氢内冷、铁心及其他构件氢外冷。氢气由安装在转子两端的旋桨式风扇强制循环,并通过设置在定子机座顶部的2组氢气冷却器进行冷却。氢气系统由发电机定子外壳、端盖、氢气冷却器、密封瓦、密封油系统组成。

国华准电#1发电机于2002年4月25日投产,2003年进行首次A修、2011年进行第二次A修,2018年12月份一号发电机大修,在做常规性实验定子绕组气密性实验时,做了两次气密试验,两次试验24小时漏气率均超过1.25%(标准24h的泄漏压降 $\Delta P_d > 1\% P_1$,即24h的漏气率 $\delta > 1\%$),后经反复查漏发现发电机汽侧下层35号线棒电接头根部内有渗漏。发电机定子绕组端部布置图见图1所示。

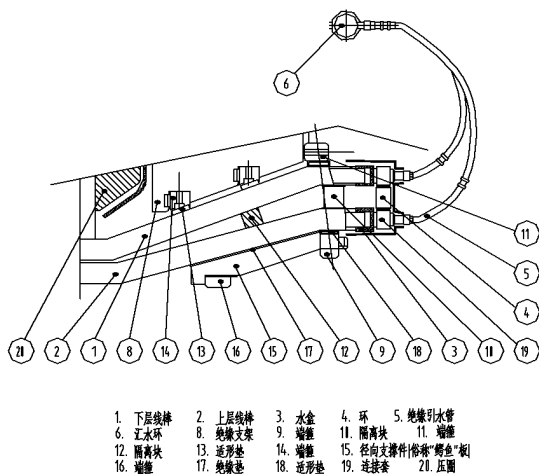


图1 发电机定子绕组端部布置图

2018年12月14日下午14:30在国华准电召开现场会,邀请内蒙古电科院、北京北重汽轮机有限公司、国华生技部、国华研究院、以及上海电机厂、哈尔滨电机厂的有关专家到厂进行现场研究,经过研究讨论采取如下处理方法:1.剥除线棒端部水盒焊缝处绝缘约10mm宽直至漏出铜导线。2.打压0.3MPa压缩空气查找具体漏点,是否在焊缝处,如在焊缝处,用熔锡焊法堵漏。3.如不在焊缝处,原线棒无法处理时进行更换线棒准备。

2018年12月15日将渗漏处线棒绝缘剥除后,打压0.3MPa压缩空气检查发现,确认泄漏线棒的所在位置为汽侧下层35号线棒电接头根部渗漏,剔除线棒绝缘盒渗漏位置,经专家现场研究无法进行局部处理,需要更换线棒,为了设备的长周期安全稳定运行,防止隐患进一步扩大造成设备和人身的重大伤害,经过专家与北京北重汽轮机有限责任公司(原厂家)到现场的技术人员进行了共同商议,研究决定,拆除下层一根故障线棒和相应的上层18根线棒,进行现场更换线棒维修。

2 发电机线棒泄漏原因查找及分析

2.1 修前原因查找

2.1.1 本次A修前,一号发电机24小时整体漏氢量、定子水箱含氢量等运行参数正常。调取1号发电机停机前近8个月(2018年3—11月)的漏氢量曲线,发电机日漏氢量 $5 \text{ m}^3/\text{d}$ 以下,不存在大幅度波动,属于优良范围。

3.1.2 通过发电机在线漏氢检测装置检测到定冷水箱停机前近8个月(3—11月)氢气体积分数月度变化曲线,可以看出,虽然定冷水箱含氢量没有超标(标准 $< 3\%$),但是氢气体积分数有略微增长趋势。

2.2 拆除故障线棒后原因查找

2.2.1 一号发电机拆除下层35号线棒冲入压缩空气加氟利昂打压至0.3MPa保压查漏,发现线棒根部(线棒与水盒连接的焊缝处)泄漏,仔细查看焊缝处有凹凸不平

的现象,从图2中可以看出,定子线棒根部泄漏的原因是焊接工艺不良,有虚焊现象和沙眼导致泄漏。



图2 故障线棒根部泄漏部位

3 线棒泄漏的处理措施

根据发电机定子绕组的结构特点,拆出更换下层一根故障线棒,需拆出相应的上层18根线棒。

3.1 备品线棒的检查

3.1.1 外观检查,绝缘完好性、水接头外观检查、内窥镜检查。

3.1.2 表面电阻检查。即C8、C4、R4、S2表面防晕层的阻值。

3.1.3 绝缘电阻检查。用5000V兆欧表测试, R15Se和R1min,计算吸收比。

3.1.4 水压试验: 1.5MPa,4h。

3.1.5 水流量检查: 水压: 0.05—0.1Mpa, 15sec, 最小流量不超平均值的±10%。

3.1.6 电容Cx和介质损耗检查 IBF R27332

测量交流耐压前、后的0.6 Un电压下的直线和端部电容C和损耗。

电容Cx要求:

交流耐压试验前后,线棒端部电容Cx的差值不大于2%。

$$\frac{Cx_{耐压前}-Cx_{耐压后}}{Cx_{耐压前}} \geq 2\% \text{ 为合格}$$

介质损耗值要求:

直线平均值 $\tan\delta \leq 2\%$, 端部平均值 $\tan\delta \leq 1.3\%$,

介损增量 $\Delta \tan\delta_{0.8UN-0.2 UN} \leq 0.5\%$ (直线)

$\Delta \tan\delta_{0.8UN-0.2 UN} \leq 0.8\%$ (端部)

3.1.7 交流耐电压试验: 48kV, 1min。耐压前后测试

绝缘电阻,备品线棒电气试验合格。

3.2 清理,做标记,拆出上层18根线棒和下层一根线棒。

3.3 拆出的上、下层线棒的检查、试验和处理。

3.3.1 线棒水压试验: 1.5MPa, 4h。

3.3.2 流量试验。水压: 0.05—0.1Mpa, 15sec, 最小流量不超平均值的±10% (与备品线棒一起比较)。

3.3.3 清理,按相应阻值补刷防电晕漆。

3.3.4 绝缘电阻检查,用5000V兆欧表测试, R15Se和R1min,计算吸收比。

3.3.5 电容Cx和介质损耗检查, IBF R27332 测量交流耐压前、后的0.6 Un电压下的直线和端部电容C和损耗。

电容Cx要求:

交流耐压试验前后,线棒端部电容Cx的差值不大于2%。

$$\frac{Cx_{耐压前}-Cx_{耐压后}}{Cx_{耐压前}} \geq 2\% \text{ 为合格}$$

介质损耗值要求:

直线平均值 $\tan\delta \leq 2\%$, 端部平均值 $\tan\delta \leq 1.3\%$,

介损增量 $\Delta \tan\delta_{0.8UN-0.2 UN} \leq 0.5\%$ (直线)

$\Delta \tan\delta_{0.8UN-0.2 UN} \leq 0.8\%$ (端部)

标准要求同上。

3.3.6 交流耐电压试验: 40kV, 1min, 耐压前后测试绝缘电阻。

3.4 定子铁心、端部支架的外观检查。

3.5 铁心的清理。

3.6 留在槽内的线棒与大连接线的处理与电气试验。

3.7 线棒清洁处理后,绕组直线段修补C4、C8半导体漆;绕组端部修补R4或S2漆,然后晾干。

3.8 下线前的准备工作。

3.8.1 清理下线槽。

3.8.2 检查修理汽励端接地编带。

3.8.3 在支架和绑环表面涂R4漆一层,晾干。支架表面再涂S2漆一层,晾干。

3.8.4 制作大绑带。

3.9 嵌下层线棒。

3.9.1 #35槽下层线棒电气试验。

3.10 测20.21.22.23#槽下层线棒夹紧系数。

3.11 塞垫端部间隙适形垫块,恢复大小绑,绑扎端部。端部刷胶。

3.12 嵌上层线棒

3.13 第一次加热

装加热工具,一端装堵板,励端装风机。升温速度

不大于4℃/h, 升至50℃(铁心)时停机热紧。重新加热, 升温速度不大于4℃/h, 升至110℃(铁心)保温12小时冷却, 冷却速度5℃/h, 降至室温为止。拆除加热工具及拉钩、拉圈等。

3.14 新嵌入的上层线棒测绝缘电阻, 做交流耐压试验: AC, 36 kV, 1min。

3.15 焊接电连接套

3.15.1 中频焊接上下层线棒电连接件。

3.15.2 通入500A直流电, 检测焊接质量。

3.16 端部临时固定

3.16.1 配鳄鱼板、装内端箍、塞垫侧面楔和径向楔、装端部楔块。

3.16.2 装槽口垫块装配, 并用工具临时固紧。

3.17 第二次加热

装加热工具, 一端装堵板, 励端装风机。升温速度不大于4℃/h, 升至50℃(铁心)时停机热紧。重新加热, 升温速度不大于4℃/h, 升至110℃(铁心)保温12小时冷却, 冷却速度5℃/h, 降至室温为止。拆除加热工具及拉钩、拉圈等。

3.18 上层大绑带固定和涂漆

3.18.1 上层大绑带固定。

3.18.2 端部按部位分别涂S2和R4漆, 晾干12小时。

3.19 焊接大连接线与上下层线棒电连接件。

3.19.1 中频焊接上下层线棒电连接件。

3.19.2 通入500A直流电, 检测焊接质量。

3.20 上层线棒正式侧面楔紧, 并测上层线棒新下入线棒的夹紧系数。

3.21 端部固定和打槽楔等

3.21.1 配弧形板, 用产品螺栓永久固定端部楔块。楔紧内端箍, 钻销孔, 打入绝缘定位销。槽口垫块拉紧。配装端部垫块。

3.21.2 打槽楔(封口槽楔除外), 注意测量槽楔分布位置, 检查槽楔紧度。

3.22 端部补涂R4一层, 12小时干燥。再喷涂S2漆一层, 12小时干燥, 刷胶。

3.23 绝缘盒灌胶固化、补胶, 装绝缘引水管。

3.24 气密试验: 线棒更换后时间从2019年1月20日18点--21日18:00漏气率为0.58%。(标准24h的泄漏压降 $\Delta P_d > 1\%P_1$, 即24h的漏气率 $\delta > 1\%$)

3.25 用多普勒流量计测出绝缘引水管流量, 最小流量不超过平均流量的-15%。

3.26 恢复鼻端手包绝缘

3.27 绝缘引水管包绝缘和包水温元件。

3.27.1 在包完绝缘后, 在靠线棒水接头处涂R4漆干燥2小时后, 涂S2漆; 在靠汇水环处涂环氧无溶剂胶。

3.28.1 测直流电阻。

3.28.2 测温元件的通断和绝缘电阻检查。

3.28.3 测绝缘电阻和吸收比、极化指数。

3.28.4 三相绕组直流泄漏及耐压试验, DC, $2.5U_n = 60kV$ 。

3.28.5 三相绕组交流耐压试验, AC, $1.5 U_n = 36kV$, 1min。耐压试验时, 测温元件要求可靠接地。

3.28.6 绕组端部振型模态试验

3.28.7 定子铁芯铁损试验

3.29 定子膛内、端部全面清理, 喷R4、S2漆一遍。

处理效果

经以上处理后, 国华准电1号发电机于2019-02-12开始并网运行, 经过运行可以看出, 一号发电机定冷水箱含氢量正常为0, 一号发电机24小时整体漏氢量正常, 日均漏氢量 $4.3Nm^3/d$, 漏氢率2.03% 漏氢量和漏氢率两个指标均为优秀, 一号发电机各绕组上下层温度、发电机引线出水温度、铁芯温度、铜屏蔽温度、冷热氢温度、励磁绕组温度、励磁机冷热空气温度均正常, 运行平稳, 从而保证了机组的安全运行。

结束语

通过项目的实施彻底解决一号发电机汽侧下层35号线棒电连接头根部泄漏问题, 彻底消除了隐患, 保证了机组的安全稳定运行, 定子线棒更换后, 延长设备使用寿命, 降低维修成本, 提高了设备的可靠性和安全性。