

[发电机]

200 MW发电机定子铁心故障的分析和处理

文/黑龙江省大庆油田电力集团油田热电厂电气分厂 武海玉

针对油田热电厂#2发电机定子铁心因故障损坏这一隐患的原因进行分析,对处理的过程进行总结,并从安装、检修、运行等多方面对防止发生定子铁心故障的预防措施进行探讨,为同类型发电机提供可借鉴的经验。

油田热电厂#2发电机是采用哈尔滨电机厂有限责任公司生产的QFSN-200-2型汽轮发电机。该发电机定子座沿轴向分为三段,由优质钢板焊接而成,具有足够的强度和气密性,能够承受0.784 MPa的水压试验和0.392 MPa的气密性试验,中段机座支撑铁心和定子线圈,定子机座与铁心之间采用钢性定位筋连接,铁心两端用非磁性铸钢圈压紧,压指为非磁性合金钢。定子铁心由0.5 mm厚的优质钢片冲制叠压而成,沿轴向共分102段,铁心段间由通风槽片隔开,形成径向通风道。发电机转子由整体优质合金钢锻件加工而成,整个转子本体沿轴分为九个风区,四个进风区,五个出风区,这些风区与定子进出风区一一对应。

#2发电机是于1992年投产,2011年为第6次A级检修。2011年6月4日,在转子抽出后,发现发电机励侧定、转子铁心整个一风区形成了一个油污带,铁心有严重过热烧蚀现象,部分铁心融化,所幸发电机没有在运行中导致跳闸。下面把本次发电机定子铁心故障的原因分析和处理情况进行总结,向大家介绍一下。

故障介绍

#2发电机定子铁心损坏情况如下(附有图片和检查说明):

1) 发电机励侧定、转子铁心整个一风区形成了一个油污带,定子线圈在#15-#33线棒之间存在大量油泥,油泥中含有铁心碎屑, #25-#33线棒之

间部分已堵住定子铁心的通风孔。

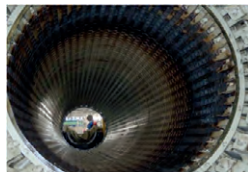


图1 定子铁心黑色油泥带



图2 油泥已堵塞铁心通风孔

2) 经初步检查发现#28、#30、#32槽定子铁心梯形段有严重烧伤,此3处的齿部损蚀出直径近10 mm深近20 mm的坑, #28、#32槽定子铁心通风工字钢支架各脱落一段,转子抽出时在定子#28、#33线棒之间油泥内发现了一支通风道工字钢。



图3 定子铁心烧损情况



图4 脱落的通风道工字钢

3) 定子清洗后,发现#28~#32槽定子前3段铁心被通风工字钢磨损短路,又发现4处槽阶梯段有不同程度的烧伤,并发现第一段风道工字钢共有3根缺失。



图5 定子铁心损伤严重



图6 定子铁心受损情况

(4) 定子线圈拆解完毕后发现上层线棒#20、#28、#30、#32、#35、#41直线处有损伤,需更换处理。



图7 受损伤的定子线圈 图8 通风槽片硅钢片受损情况

原因分析

根据检查过程中的了解、观察到的数据和损坏的情况,以及厂家的分析意见,对#2发电机定子铁心损伤和原因分析阐述如下:

#2发电机运行19年,目前是第6次大修,应该可以排除制造质量原因(如制造存在质量缺陷一般在第1或第2次大修即能显现出来)。

发电机励侧铁心松动是铁心局部烧损的根本原因。

1) 定子铁心压紧是采用在励、汽两侧用非磁性铸钢圈和非磁性合金钢压指通过27根穿芯螺杆配合压紧。可能存在各个螺栓紧固力不均匀的情况。

2) 在发电机运行过程中,发电机起停过程中热胀冷缩不均匀,定子铁心冲片表面绝缘漆膜会发生及其轻微的蠕变变化,使冲片片间紧力下降。

3) 由于发电机长期运行,铁心端部在倍频交变电磁力的作用下振动而产生松动。

以上原因使发电机长时间运行后,穿芯螺杆紧力下降,导致个别铁心齿部逐渐松动,硅钢片片间绝缘摩擦受损,造成片间短路,形成涡流发热致使局部烧损,严重的发生烧损故障。

汽轮机密封油污染是铁心局部烧损的催化剂。

由于该发电机励侧端部长期受到汽轮机密封油污染,汽轮机密封油渗透到松动的硅钢片之间,起到润滑作用,加剧了铁心片间的相对振动摩擦,同时铁心发热致使片间的润滑油碳化,加速了铁心片间短路局部烧损的进程。

定子铁心修理处理方案的确定

发电机定子铁心故障处理方法,具体来说有两种:局部铁心处理和整体铁心处理。

1) 第一种是进行局部铁心修理(俗称“镶假

齿”)。也就是直接对铁心缺陷部位进行铣磨,打磨电腐蚀处,并对打磨处进行酸洗,彻底消除硅钢片间短路连接,注意不要损伤线棒绝缘;结合插绝缘片或插云母片工艺,经铁损试验合格镶嵌假齿,其假齿与剩余铁心齿之间用环氧胶粘接牢。达到铁心规定的松紧度(使用铁心测量刀测量:即20 kg·f其刀头插入深度不大于3 mm为合格)经铁损试验合格后,表面均涂刷环氧胶。待固化后进行全面清理。

2) 第二种是拆除所有定子线棒,彻底清理铁芯,做铁损试验再根据铁心实际情况更换铁心主冲片段数,并对铁心磨损轻微部位进行修复处理,根据定子线棒受损情况更换线棒。

我厂针对#2发电机定子铁心损伤召开专题技术分析会议,并咨询其他发生过类似故障的同类型电厂,对损坏原因进行分析明确后,根据#2发电机定子铁心故障的损伤程度,定子铁心故障处理的效果和处理的质量保证情况以及施工期限等进行了综合考虑,认为应进行整体定子铁心处理。原因分析如下:

1) 我厂#2发电机定子直接判断就有3根线棒直线绝缘有损伤,进行局部铁心处理时也要进行线棒更换处理,处理时也需要拆装定子线圈两侧的所有装置。

2) #2发电机还存在引出线密封垫大面积腐蚀老化渗漏密封油的问题,需将定子引出线连接绝缘(俗称“炸药包”)扒开,并对引线瓷瓶密封垫进行更换,重新包扎引出线绝缘。

3) 哈尔滨电机厂有限责任公司提供了相应的检修处理工期:局部铁心处理和引线瓷瓶密封垫更换的检修工期需要30天左右;进行整体定子铁心处理的检修工期需要45天左右(包括引线瓷瓶密封垫更换)。

4) 根据#2发电机实际状况,我们认为进行局部铁心处理只是临时应急处理,虽然能提前半个月发电,但是由于定子铁心存在整体松动情况,没有从根本解决问题,还存在安全隐患。而且我们又通过和哈尔滨电机厂有限责任公司技术人员交流协商,在保证检修工艺质量的前提下,在材料准备、现场配合、工序安排等方面进行科学调整,进行整体定子铁心处理的检修工期大约能调整到40天左右。

根据分析结果我厂确定#2发电机定子铁心故障进行以下方面处理:

(下转第60页)

个定补偿点 n_1 在1节点, 动补偿点 n_2 由2节点向 N 节点进行纵向遍历的单补偿点计算过程。以 Q_s 为补偿增加 n_1 补偿容量, 重复将 n_2 由节点2向节点 N 的纵向遍历过程, 直至 n_1 的补偿容量和0节点的补偿容量加上 Q_s 后, 满足线路的无功需求位置。在这个过程中实际上是调用了 $N-1$ 次单点补偿计算过程。经过 $N-1$ 次计算后, 找到使得整条线路有功损耗最小的补偿点 n_2 及其补偿容量, 将此点定为 n_{12} 点。

在确定了 n_{12} 点以后, 确定其补偿的起始容量为 Q_s , 我们对补偿点 n_1 进行节点1至节点 $n_{12}-1$ 的纵向遍历计算, 实际上就是定补偿点在 n_{12} 节点, 动补偿点由1节点移动到 $n_{12}-1$ 节点的单补偿点计算过程。以 Q_s 为补偿增加 n_2 补偿容量, 重复将 n_1 由节点1至节点 $n_{12}-1$ 的纵向便利计算, 直至 n_2 的补偿容量和0节点的补偿容量加上 Q_s 后, 满足线路无功需求为止。进行以上若干次计算后, 找到使得整条线路有功损耗最小的补偿点 n_1 及其补偿容量, 将此点定位 n_{11} 点。

第一个补偿点 n_{11} 确定后, 再对第二个补偿点 n_{12} 进行纵向遍历计算, 由于在上次移动过程中第一个补偿点 n_{11} 的位置是在节点1到节点 n_{12} 之间产生的, 位置较1节点后移了, 它的后移使得第二个补偿点 n_{12} 位置较理想位置靠前了, 因此其遍历计算范

围是 n_{12} 至 N , 重复进行双向遍历计算, 得出新的补偿点二的位置 n_{22} 点。将补偿点 n_{22} 固定, 再次对 n_{11} 进行双向遍历计算, 得出新的第一个补偿点位置 n_{12} 点, 以此类推, 进行数次循环计算后, 可使 n_{k1} 与 $n_{k1}+1$ 或 n_{k2} 与 $n_{k2}+1$ 的位置不再发生变化。此时的两个补偿点的位置及对应的补偿容量即为 Q_{b0} 在 Q_s 容量下的线路最佳补偿点和最佳容量配置。

以 Q_s 为步长增加 Q_{b0} 的容量, 没增加一次 Q_{b0} 的容量, 重复以上三步过程, 直至 Q_{b0} 容量加上 $2Q_s$ 后满足线路的无功需求为止, 完成了两个补偿点的双向遍历过程, 使得线路有功损耗最小的配置即为两点补偿下的最优补偿方案。

结束语

在电力市场的模式下, 电力公司的运行管理在满足电能质量的前提下追求经济效益的最大化, 进行配电线路分段无功补偿的各项投资希望能够通过降低线路损耗来提供, 甚至获得经济收益, 因此要求无功补偿的配置算法越精确越好, 这样可以获得经济效益最好的方案。为此以后的研究方向及重点应该放在补偿点位置与容量配置综合考虑的补偿算法, 以克服经验算法的不足。EA

(收稿日期: 2015.05.08)

(编辑: 杨得润)

(上接第57页)

(1) 拆除定子线棒, 做铁损试验, 根据铁心实际情况拆除铁心主冲片段数, 并对铁心磨损轻微部位进行修复处理。

(2) 更换定子线棒层间测温元件及损坏的测温引线。

(3) 根据定子线棒受损情况更换线棒;

(4) 对发电机引出线瓷瓶密封垫进行更换。

处理过程总结

在处理#2发电机定子铁心故障过程中, 更换了发电机励侧1-3段硅钢片, 又更换了试验不合格的8根上层线棒。

在2011年7月17日我们完成了对#2发电机定子铁心故障的处理工作, 比预计提前3天。这是个时间紧、任务重的大工程, 能顺利地提前完成, 主要得益于各方面的重视和全力配合。当然在故障处理过程中, 也存在一些不足, 下面做以简单的总结。

(1) 在定子铁心硅钢片叠片完成回压阶段, 由于厂家设备问题, 影响工期1~2天时间。

(2) 在定子线圈进行内冷水系统查漏过程中, 由于增加气密试验检查, 影响工期2~3天时间。

(3) 在定子线圈手包绝缘过程中, 因包扎层数不够、树脂配比不合格, 施工返工影响工期1天时间。

建议和预防措施

(1) 发电机A检时, 应做发电机定子铁心铁损EL-CID试验, 以便及时发现铁心硅钢片的短路点, 检查铁心的松紧度(使用铁心测量刀测量: 即20 kgf其刀头插入深度不大于3 mm为合格)。

(2) 发电机A检时, 应做发电机定子端部模态试验, 防止共振发生。

(3) 应尽量采取控制措施, 避免向发电机内部漏油, 漏油可使发电机定子铁心松动加剧。

(4) 发电机小修时, 应从励侧底部人孔门进入发电机内部, 用窥视镜观察发电机端部情况, 检查有无油污等异常, 以便发现定子铁心松动、过热等问题。EA

(收稿日期: 2015.03.01)

(编辑: 白文亭)