

汽电双驱引风机在 1000MW 火力电厂的应用

茆 永

国家能源集团浙江宁海发电有限公司, 浙江 宁波 315600

[摘要]随着我国社会用电负荷持续增加的形势下,火电厂的建设规模在不断扩大且火电厂的单机装机容量也不断增大,机组参数同时也在不断提高。火电厂在开展节能降耗策略的过程中,为了促进厂用电率的降低以及确保火电机组运行的经济性,本篇文章提出了采用新型的汽电双驱引风机的方法。文章在对汽电双驱引风机这一新兴引风机的结构特点进行介绍之后,对其启停控制方式以及保护逻辑进行详细介绍,并简单分析此类引风机应用过程中的经济效益,以供参考。

[关键词]火电厂;汽电双驱;引风机

DOI: 10.33142/hst.v6i8.10140

中图分类号: TM621.2

文献标识码: A

Application of Steam Electric Dual Drive Induced Draft Fan in 1000MW Thermal Power Plant

MAO Yong

CHN Energy Group Zhejiang Ninghai Power Generation Co., Ltd., Ningbo, Zhejiang, 315600, China

Abstract: With the continuous increase in social electricity load in China, the construction scale of thermal power plants is constantly expanding, and the installed capacity of single units in thermal power plants is also constantly increasing, and the unit parameters are also constantly improving. In the process of implementing energy-saving and consumption reduction strategies in thermal power plants, in order to promote the reduction of plant power consumption rate and ensure the economic operation of thermal power units, this article proposes the use of a new type of steam electric dual drive induced draft fan method. After introducing the structural characteristics of the emerging induced draft fan, the article provides a detailed introduction to its start stop control mode and protection logic, and briefly analyzes the economic benefits of this type of induced draft fan in its application process for reference.

Keywords: thermal power plants; steam electric dual drive; induced draft fan

引言

随着我国社会用电负荷持续增加的形势下,火电厂的建设规模在不断扩大且火电厂的单机装机容量也不断增大,机组参数同时也在不断提高。其中比较重要的辅机设备-引风机来说,其起到的作用非常大,主要包含将火电机组运行中炉膛内的烟气进行排出、对尾部烟道内的压力损失进行克服、对炉膛的负压状态进行调节以及对燃烧过程起到稳定等重要作用。火电厂中比较常用的引风机主要采用的是电力驱动的方式,这也使得其成为火电机组中耗电量比较大的设备种类之一,因此在火电厂中开展节能降耗策略的过程中,为了实现火电厂用电率的降低以及提高火电机组运行的经济性,本文提出了采用新型的汽电双驱引风机的策略,通过此种类型的引风机来实现火电厂厂用电率的降低以及火电机组经济性和火电厂经济效益的提升。

1 汽电双驱引风机的系统布置

一台汽电双驱引风机组包含 1 台 50%BMCR 容量的汽轮机, 1 台汽电双驱引风机, 1 台异步电动/发电机。系统连接方案(汽轮机-变速离合器(离合器+减速箱)-异步电动发电机-引风机), 齿轮箱变比为 7.33, 异步电动/发电机转速范围 747~753rpm。机组额定工况, 汽轮机进汽参数为: 压力 5.13MPa(a), 流量 60t/h(两台), 温度 488℃, 排汽压力 0.2MPa(a), 汽轮机额定转速 5520r/min,

额定(回热)输出功率 9250kW。进汽汽源来自一级再热器出口(参数 6.27MPa, 538℃), 排汽至 6 号抽气管道, 和 6 号抽气一起加热 6 号低加, 排汽压力最高达 0.2Mpa, 温度最高约 180℃。如图 1:

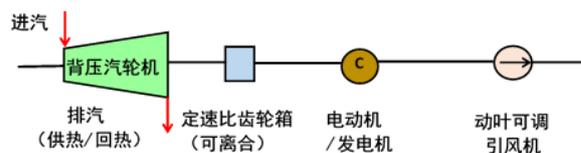


图 1 汽电双驱引风机的系统

2 汽电双驱引风机的运行控制模式

2.1 纯电驱模式

该模式一般用于引风机启动时,引风机由电动机驱动,电动机最大出力可带至 90%THA 负荷。

2.2 汽电混驱模式

该模式在锅炉负荷达到 40%以上时,汽轮机启动时使用正常工作汽源作为汽轮机的启动汽源冲转至转速 5478rpm 时, 齿轮箱内的离合器自动啮合, 汽轮机开始带负荷运行, 直至汽轮机转速至 5520rpm。

2.3 纯汽驱模式

当汽轮机的转速上升至 5520rpm 时,汽轮机控制模式由转速控制变为阀位控制,进一步提升汽轮机阀门开度来

提高出力,此时电动机转变为发电机开始发电。汽轮机改为阀位后模式后调门为全开状态,调门不参与转速的调节。转速由电机、风机控制。停机过程中,首先需要停止汽轮机,在此过程中汽轮机的供汽调门会逐渐关闭,此时就会将负荷向电动机进行转移并表现出汽轮机的转速下降,在降低到一定速度之后会出现离合器的自动脱开,此时此引风机就会自动转为电动机驱动的运行模式,而且在此模式下逐渐停止。

3 汽电双驱引风机的保护逻辑

3.1 引风机的保护逻辑

引风机的保护主要采用本体设备保护以及风烟系统联动保护等方式,对于前者来说,主要采用的就是风机驱动端和非驱动端的轴承温度(3取2大于110℃)以及轴承振动的(任一大于10mm/s与上另一项大于4.6mm/s)保护,后者主要采用的是引风机与送风机、引风机与炉膛负压(-3500pa\+3000pa)以及引风机与空预器之间的连锁保护等。在上述保护动作的过程中会联跳小汽轮机和电动机开关。

3.2 电动机的保护

针对电动机的保护主要有轴系保护(振动(任一大于10mm/s与上另一项大于4.6mm/s)以及温度(3取2大于90)保护),以及线圈温度(大于145)和电气量(主保护差动保护)保护等,前者需要确保与引风机保护动作范围一致,后者主要作用就是在电源切断之后可以保护电动机不会被损坏,因此需要确保与电动机高压开关跳闸进行联动。

3.3 小汽轮机的保护

汽轮机的规模比较小,但是系统也较为复杂,需要按照常规汽轮机的保护来进行配置和设置,而且其保护范围包括对小汽轮机本身进行联跳,但是不允许对电动机的高压开关进行联跳。如下表:

表1 汽轮机的保护配置和设置

序号	保护名称	定值	序号	保护名称	定值
1	超速保护通道1	5775r/min	8	排汽压力	268kPa
2	超速保护通道2	5775r/min	9	润滑油压低	0.23MPa
3	就地跳机按钮		10	远方手动停机	
4	MFT跳机		11	油箱油位低	-200mm
5	DCS跳机	风机以及电机联跳	12	相对振动大跳机	125mm
6	轴向位移	-1.2-1.2mm	13	跳闸继电器停电	
7	轴承金属温度	107℃	14	齿轮箱温度高	120℃

3.4 遇到下列情况之一,应紧急引风机小机

汽轮机突然发生强烈振动或清楚地听到机内有金属撞击响声时;

汽轮机发生严重水冲击而又无法立即消除时。

油系统着火,且不能迅速扑灭时。

任一轴承金属瓦温度超过107℃或轴承冒烟时。

润滑油母管油压降至0.23MPa经采取各项措施又无效时;

推力轴承破损,转子轴向位移超过1.2mm时。

轴振值大于0.125mm。

汽轮机转速达到及超过5775r/min。

主蒸汽管道发生破裂时。

油系统发生严重漏油,经修复无法维持运行时。

背压上升超过跳机值而又不能恢复时。

4 汽电双驱引风机小机启动以及停运操作:

4.1 启动操作

确认5A引风机小机润滑油泵、油压、油温正常,无异常报警。

确认5A引风机小机调节油泵、油压、油温正常,无异常报警。

确认5A引风机小机系统投运阀门检查票已执行完毕;

确认5A引风机小机轴封冷却水系统检查已经投入,运行正常。

引风机小机轴封及疏水系统投运。

投入5A引风机小机系统盘车,检查盘车运行正常。

根据实际情况,微开一级再热器出口供引风机小机供汽门对管道进行暖管,待暖管结束后全开供汽总门。

开启5A引风机小机进汽电动门后疏水气动门

开启5A引风机小机A主汽门阀体疏水门

开启5A引风机小机排汽逆止门前疏水门

开启5A引风机小机抽汽逆止门前疏水门

开启5A引风机小机调节级后疏水门

开启5A引风机小机蒸汽室疏水门

开启5A引风机小机进汽电动门

启动5A引风机小机轴加风机并投入联锁,确认系统运行正常。

开启5A引风机小机PCV阀10%左右,并在冲转时控制排汽压力0.08~0.1MPa之间。

引风机小机冲转前确认主汽门前蒸汽过热度56℃以上,小机主汽门和调门全关,引风机小机转子连续盘车至少45分钟以上,小机内部及各轴封无异常响声,小机轴封系统、小机本体疏水门状态正常,轴机投入运行。

确认“手动停机”退出,在OM画面上,点击“跳闸复位”键,确认停机信号消失;在OM画面上,点“挂闸”键,检查跳闸电磁阀带电,确认小机主汽门开启,小机转速不上升。

点击“升至暖机转速”键,检查目标转速至1200转。冷态时:升速率100r/min;热态时:升速率300r/min。

点击“自动模式投入”,检查转速设定输出值逐渐上升(与实际值偏差>60r/min时触发偏差大闭锁,停止升

速), 检查“阀位指令”数值逐渐上升, 阀位反馈与指令偏差一般在 5%以内, 超过 10%检查原因, 当指令 $>20\%$ 而阀位反馈仍 $<5\%$ 时直接停机检查。转速 $>15r/min$ 时盘车退出停运。转速 $300r/min$ 前重点关注齿轮箱振动。

调阀大约有 20%左右的空行程, 高于 20%后才有蒸汽进入。

若是首台小机, 应对排汽管道至 6 号低加管道进行暖管。暖管时, 就地手动微开排汽电动门, 开度不宜超过 5%。若是第二台小机, 通过关小 PCV 阀, 控制排汽压力略高于排汽母管压力后开启排汽逆止门和排汽电动门, 然后逐渐关闭 PCV 阀。

1200r/min 暖机至上下缸温 $>250^{\circ}C$ 时暖机结束, 点击“升速至额定转速”, 查转速目标值 5500r/min, 升速率 300r/min, 升速至 2300-2800 转之间时, 机组过临界转速(一阶临界转速 2564r/min。), 加强小机振动监视。

引风机小机转速到 5000r/min 时, 轴承温度可能上升明显。升速时手动开大 PCV 阀, 并以 6 抽压力为目标进行控制。

转速至 5500r/min 左右时, 离合器啮合信号发出, 小机控制模式转为流量模式, 检查引风机电流平衡回路退出

流量升速率设定 3%/min, 手动设定目标流量设定值逐渐开大进汽调节阀开度, 检查引风机各轴承温度、振动正常, 引风机由电驱模式逐步转换为汽电混驱模式, 引风机功率信号逐渐变小。

当排汽压力略高于 6 抽压力时, 缓慢开启引风机小机至 6 号低加电动门, 并逐渐关小 PCV 排汽阀, 直至 PCV 阀全关。

继续提升 5A 引风机小机进汽流量设定值, 引风机由汽电混驱模式逐步转换为发电模式, 引风机功率信号变为负值。当引风机小机进汽流量接近 60t/h 时, 停止提升进汽流量设定值。

检查 5A 引风机小机进汽管道上各疏水气动门关闭。

关闭 5A 引风机本体疏扩各疏水气动门。

确认 5A 引风机小机启动操作完毕。

4.2 停运操作

确认引风机在纯电驱动下足以满足当前负荷需求, 引风机小机排汽压力为正值。

通过降低 5A 引风机进汽流量指令逐渐关小引风机小机调门, 降低引风机小机出力, 检查引风机从发电状态转入汽电混驱状态, 电功率逐渐由负变正。

继续关小引风机小机调门, 转速小于 5500r/min 后, 引风机小机离合器脱开, 引风机进入纯电驱状态, 继续关小小机调门, 直至控制模式变为转速控制。

通过 MEH 转速控制, 将引风机小机转速降至 5000r/min。

手动缓慢开启 5A 引风机小机 PCV 阀, 并确认 PCV 阀前电动门开启。

当 5A 引风机小机排汽压力低于 6 抽压力时, 关闭 5A 引风机排汽电动门(注意区分引风机至 6 抽电动总门, 防止误操作), 并手动控制 PCV 阀, 防止排汽压力上升过快。

在 MEH 画面上手动打闸或就地打闸 5A 引风机小机, 检查主汽门和调门全部关闭, 引风机小机排汽逆止门、电动门连锁关闭, 排汽 PCV 和排汽电动隔离阀连锁开启, 本体相关疏水连锁开启。

检查小机转速下降情况, 注意炉膛负压、引风机出力变化、小机金属温度、振动、轴向位移等情况。

关闭 5A 引风机小机进汽电动门。

当引风机小机转子的转速低于 1r/min 时, 投入小机盘车, 注意盘车电动机的电流及摆动值。

停机后采取连续盘车直至调节级后温度低于 $150^{\circ}C$ 为止。

如图:

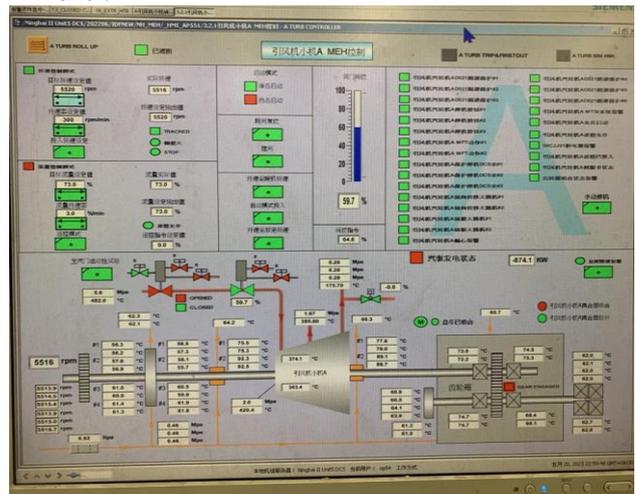


图 2 停运操作图

5 汽电双驱引风机控制逻辑变动

汽电双驱引风机控制逻辑不再有电流平衡回路, 而是通过动叶开度一致来保证两台风机出力平衡。

由于引风机有两路驱动, 一路引风机小机, 另一路是原来的电机。因此引风机小机跳闸并不会触发引风机停运, 不会在负荷大于单台引风机出力时触发机组 RB。故只有在风机和电机发生故障时才会触发引风机停运或跳闸信号。

6 汽电双驱引风机的经济性分析

改造后引风机 TB 工况电动机功率为 9600kW, 小汽轮机在 TB 工况下耗汽量约 60T/H。小汽轮机按额定工况进汽量 60t/h 设计, 各工况点保持额定进汽能力, 维持高效运行, 输出功率除用于驱动引风机外, 多余的功率通过异步电动机\发电机输出到厂用电系统。

表 2 引风机的经济性分析表

序号	项目	电动引风机	双驱引风机
1	机组铭牌出力	1045	1065
2	汽轮机热耗 (kJ/kwh)	7325	7508
3	发电标煤耗 (g/kwh)	267.61	274.29
4	厂用电率 (%)	3.90	2.04
5	供电标煤耗 (g/kwh)	278.48	279.99
6	运行小时数 (h)	4935	4935
7	全年耗煤量 (t)	1380066	1441616
8	标煤价格 (含税) (元/t)	828	828
9	全年耗煤费用 (万元)	114269	119366
10	全年售电量 (MWh)	4955727	5148725
11	电价 (含税) (元/kWh)	0.4223	0.4223
12	年售电收益 (万元)	209280	217431
13	全年燃料费差额 (万元)	基准	+5096
14	全年售电收益差额 (万元)	基准	+8150
15	全年维护费用 (万元)	基准	+100
16	全年综合收益差额 (万元)	基准	+2954

通过上述表格数据可以看出,引风机采用汽电双驱模式较传统单纯电动驱动模式虽然发电标煤耗有所增加,但额定工况下,引风机小机除了驱动引风机还可以通过异步发电机发电,总计可以降低厂用电率 1.87%。由于带汽电双驱引风机方案,为最大限度地提高机组增容能力,最终给水温度与不带汽电双驱引风机方案相比下降了约

2.5℃,热耗有一定的增加,因此该方案下 THA 工况机组供电煤耗要增加 1.5g/kwh,但该方案增容能力提高了 20MW,按机组年平均利用小时数 4935 计算,采用汽电驱动引风机较采用电动驱动引风机可增加年收益约 2954 万元。采用电动引风机方案投资约 2600 万元/炉,采用汽电双驱引风机方案投资约 7000 万元/炉,则采用汽电双驱引风机相较于传统电动引风机,约 2 年可回收成本。

7 结语

通过对于耗电率比较高的引风机进行改进,利用新型的汽电双驱引风机来代替传统的电驱动引风机。根据当前燃料成本和发电收益的变化来进行驱动方式的灵活调整,保持经济效益最大化,是一种值得推广应用的引风机类型。

[参考文献]

- [1] 张晓楠. 火力发电厂锅炉燃烧运行优化思路刍议[J]. 现代工业经济和信息化, 2021, 11(10): 217-218.
 - [2] 宋频. 论火力发电厂中全面预算管理的重要性[J]. 营销界, 2021(18): 145-146.
 - [3] 吴垠. 关于火力发电厂安全管理相关问题的思考[J]. 大众标准化, 2020(2): 194-196.
 - [4] 张轶. 火力发电厂检修管理模式[J]. 设备管理与维修, 2018(24): 5-7.
 - [5] 徐彩云. 关于火力发电厂电气运行安全管理的思考[J]. 科技资讯, 2017, 15(6): 39-41.
- 作者简介: 茆永, 男, 大学本科, 工程师, 火电厂集控运行。国家能源集团浙江宁海发电有限公司。