

磁悬浮透平机在真空系统的应用探讨

吴建远

(湛江冠豪纸业有限公司 广东 湛江 524005)

摘要:磁悬浮技术作为目前新兴非接触性旋转机械技术的应用日趋广泛,文章主要对磁悬浮真空透平机在纸业真空系统的应用进行论述,根据纸业特点设计控制方案,并对使用过程中存在的问题提出优化观点,有利于设备的使用和改进。并对磁悬浮轴承应用优缺点做了简要总结。

关键词:磁悬浮 永磁转子 变频

公司为节能增效改造真空系统,于22年申购三台磁悬浮转子透平机,实现了较好的节能增效的目的。开始的控制方案本想集成到生产系统的DCS当中,但考虑到DCS卡件冗余有限及其他因素影响,最后决定采用独立系统,用PLC根据生产状况进行主控调节纸机的真空度。整个控制需要规划出逻辑方案。

1. 系统基本组成

1.1 透平机机械部分

整个透平机机械组成部分由滤液槽、高速离心风机、电机、冷却机组成。

1.2 主要工作流程

纸业真空系统主要是为网部的毛布上的纸浆提供脱水以及真空辊内腔提供真空使其能使网子吸在辊面上进行驱动运行,其真空度是有严格的工艺要求的。当真空系统运行时,气流从滤液槽前的入口管道进入滤液槽,气流中混有的微粒、纸浆纤维、水等,经过滤液槽喷淋阀的作用,过滤掉气流中微粒杂质及水,使干净的气流进入高速离心机,在高速电机的驱动下,使入口管道前端形成相应的真空,来满足生产的需要。过滤下的杂水在滤液槽中达到一定水位时,就会自动由滤液泵抽走。高速离心机是在变频电机的驱动下抽走气流形成管道真空,冷却机是专为高速电机冷却用的。

2. 磁悬浮轴承

磁悬浮轴承技术是目前正处于前沿应用的一种非接触旋转技术,其优点是不用加润滑、无接触摩擦,一般转速可达50000r/Min,其输出能效非常高。

1.3 磁悬浮原理结构

磁悬浮轴承内周有多个绕组,这些绕组通电会产生

电磁力,另外还有一个辅助机械轴承,用以保护磁悬浮轴承在故障失电转子跌落状态下不至于损坏磁轴承。磁轴承和机械轴承分别同转子轴都存在气隙或说是间隙,在正常悬浮稳态运行时,气隙一般都是在1mm以内,其中机械轴承同转轴气隙 δ_1 小于磁轴承同转轴的气隙 δ_2 ($\delta_1 < \delta_2$)。这样一旦出现异常失电,旋转的转子轴首先落在机械轴承上,使磁轴承得到保护。

正常悬浮后的轴承如不加任何控制干预电流,比如当转子受到外部负荷扰动向一侧偏移时,则该侧气隙 δ 减小,磁阻减弱,那么该侧磁力增强,磁吸引力增大,而另一侧则减小。此时转子轴严重偏离中心轴,并将触碰到轴承。所以如果没有快速准确的电流控制,转子最终会被这一侧电磁力吸引到极限位置,转轴的悬浮必然失效。

2.2 偏置电流与控制电流

当得到指令后先向绕组中注入直流偏置电流 I_0 ,将电磁铁中的磁场激励到稳定工作点。在此基础上根据采集的位置信息增减电磁力,即需叠加控制电流 I_k 。若转子下坠,同一个自由度的两个(如上下)绕组,下面绕组控制电流增加 I_k ,那么上面绕组将叠加一个负的 I_k ,由此两个绕组总电流基本保持为 $2I_0$,一增一减能够快速地将转子轴回到理想位置。

3. 真空透平机的控制

磁轴承至少要在五个自由度上进行控制,因此透平机的控制方案必需考虑工艺负载变化情况对轴承的影响,虽然有轴承控制器进行及时调节,但为了增强系统的稳定性,应尽量把工艺负载波动的影响提前阻挡在外层控制,减小其冲击悬浮的转子。

3.1 控制设备及方案

PLC 选用西门子 1200, 现场柜子装设一个 7 吋西门子精简触摸屏, 并应生产 DCS 中心的要求, 外加一个远端 PC 人机界面, 以便远程启停及监控。整个透平机的控制由 DCS 上位机、现场触摸屏、PLC、变频器、电机、轴承控制器及放大器, 以及防喘阀、进口温度、出口温度、进口压力、出口压力传感器、滤液液位、编码器等如下图 (1)。触摸屏、远程 PC 端都经过交换机与 PLC 进行数据交换, 为了减少布线, 在 PLC 左侧增加一个 MODBUS 串口模块, 通过这个模块与 MCC 室的变频器串口进行通讯 (启停及速度给定); 进出口压力及温度做为报警保护回路使用。而轴承控制器与 PLC 之间要进行悬浮状态与位置信息交换。考虑到如果直接以真空度的模式启动工作, 由于磁浮转子的惯量特性, 在到达控制点时易产生过调或波动, 稳定时间会有所延迟, 因而决定把控制模式分为速度模式和真空模式。速度模式就是以设定的速度来进行工作, 由 PLC 按给出的速度向变频器发出运行指令, 并与编码器的反馈形成 PID 调节; 而真空模式是 PLC 以设定的真空度值向变频器发出运行指令, 并与现场真空度传感器的反馈形成 PID 调节。

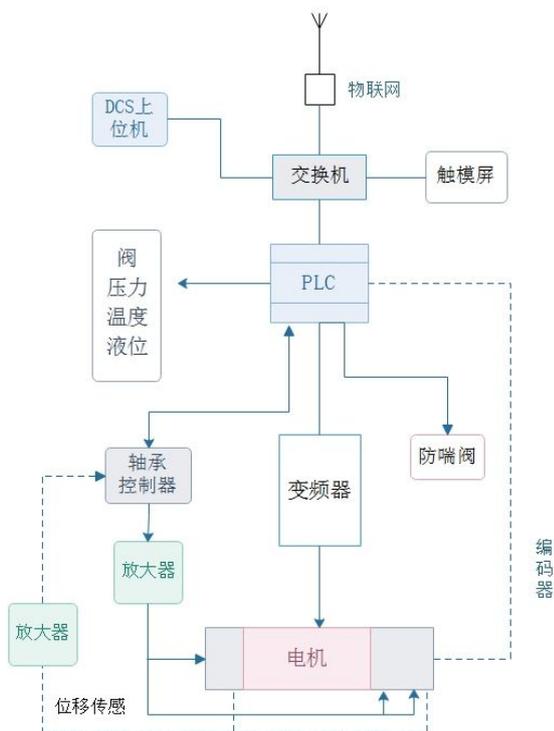


图 (1)

3.2 喘振阀的控制

由于生产工况不同, 气体的压力及气量的变化会在某种条件下产生喘振现象, 气体介质在管网中周期性振荡, 其频率低并伴有周期性吼叫声, 对轴承的作用较明显, 特别是在这种磁悬浮轴承应用当中。如在造纸业系统当中, 毛布真空吸水不稳定, 或网孔脏气量不一, 有时会引时喘振现象。防喘阀就是安装在滤液槽上的直通大气的阀门, 阀门开度与真空度成反比, 为控制这一不稳定因素而工作的, 一旦喘振发生时, 必须对喘振做出相应的控制, 设置喘振子程序及时调用。

造纸机的成形网长时间运行, 如果生产过程中, 高压清洗不良, 网孔脏, 或其他原因, 吸附在脱水板的成形网真空是有波动的, 当网孔气量波动不一, 气流量余量小于一定值时, 或喘振压力余量小于 0.2 时, 这时会触发喘振。喘振的能量会作用于转子轴上, 这时转子轴的轴向窜动会增大 (轴向磁轴承将受到扰动)。这种喘振一般是周期性的低频, 这时轴向悬浮轴承的磁控制要及时响应进行调节, 喘振的发生增加了磁控制的难度, 影响轴承的使用, 为减缓或消除喘振带来的影响, 喘振预警时, PLC 调用喘振保护子程序 (喘振压力余量或喘振功率余量小于保护启动值后, 要按照步进逻辑, 每多少秒就要打开多少角度, 喘振压力余量或喘振功率余量大于保护停止值后, 按照步进逻辑, 每多少秒喘振阀门关多少角度), 防喘阀为步进控制, 每次开关一定角度, 补偿管网的气量, 若在判断周期内还没逃离喘振, 将继续开阀, 若已经远离喘振, 则开始慢慢步进关阀, 如此达到稳定系统的作用。

4. 启停过程的逻辑确定

在 PLC 接收到启动命令后, 判断系统是否有故障状态, 如有不予应答, 若系统正常即向轴承控制器发出悬浮使能信号, 同时向冷却风机发出启动信号, 喷淋阀也打开, 当 PLC 接收到控制器发来悬浮位置信号正常后, 3 秒内 PLC 向变频器发出启动指令, 变频按程序速度慢慢加速到操作员设定的速度, 完成透平机的速度控制模式启动; 而当 PLC 收到悬浮位置信号不正常时, 发出故障报警指令, 停止启动, 直到排除故障。

启动先用速度模式, 等稳定运行后切换真空度模式, 速度切真空度时, 将当前真空度反馈值写入真空度

设定值内,再根据需求加减设定值;真空度切速度时,将当前转速反馈值写入转速设定值内,再根据需求的转速调节设定值。

当停机事件为正常停机时,接收到停机指令后,PLC调用正常停机逻辑子程序,关闭喷淋阀,并5分钟后停止运行滤液泵。主电机按照步进逻辑,每多少秒降多少转速,约2000转时PLC向变频器发出停机指令,变频器停止输出,此时电机还处于悬浮状态,当编码器无脉冲发出时(此时转子已无转动),1秒后控制器停止悬浮,转子轴落下。冷却风机在主电机温度降到设定值时,延时3秒也停止运行。

当故障发生时,始终保持编码器无脉冲发出时(此时转子轴不转),悬浮停止,转子轴才落下。(在此不再对PLC具体程序进行解说。)

5. 调试与使用

设备调试过程遇到的问题不少,在此提出为各位同行借鉴,

1)启动运行中一开始选用真空度模式时,不能一步到位,否则由于加速太快,磁悬浮转子会受到扰动,偶尔也会喘振,虽最终也会自动调整回来,但尽量避免,经多次实践,先以速度模式运行到一定的速度,再转到真空模式是稳定运行的最好办法。

2)透平机在调试过程中,由于考虑不周,把全系统失电时的备用电源采用变频器的大电容供电,正好遇到厂区停电,电容供电不足2分钟,磁轴承失电悬浮失败,由于悬浮的转子转动惯量较大,转速未能在短时间下降,至使还在转动的转子轴落下损坏轴承。经过这次异常后我们改用UPS备用电源供电,才保证了系统的稳定,这一点特别值得广大使用者的高度注意。

3)环境温度对其有较大的影响,一当环境温度高或冷却风机有问题时,其膨胀系数会增大,悬浮的转子轴与轴承间隙会变小,一旦负荷振动或喘振,将会严重影响系统的稳定或跳停,必须保证冷却系统的正常。

6. 磁浮透平机的优缺点

6.1 磁悬浮大量应用天透平机,其具有很好的优点:

①.磁悬浮轴承工作时,转子与定子之间无接触,避

免了机械摩擦和接触疲劳,从而减少了部件的损耗和更换需求。

②.高转速、高精度,可以在超临界条件下工作,每分钟几万或上十万的转速。

③.磁悬浮轴承的静态和动态性能可以进行在线控制,便于对系统运行参数进行实时监测和诊断,提高了系统的智能化水平。

④.这种磁浮透平机效能高,与同功率的机械轴承电机相比,其效能高出很多,且同功率电机,其体积小很多。

6.2 磁悬浮轴缺点主要包括:

①.成本高:由于磁悬浮轴承的制作过程及其精密密度要求较高,相比传统机械轴承,其成本也更高。

②.结构相对复杂,需单独的控制及其他传感辅件、冷却风机系统等。

③.维护难度大,虽然磁悬浮轴承的维护成本相对较低,但一旦出现故障,由于其构造和技术的特殊性,修复和维护难度较大,需要非常专业的技术人员进行处理,对维护人员要求也高。

7. 结语

目前磁悬浮透平机的应用是日趋成熟,磁悬浮产品的应用正日益受到现代人的追捧,它在世界范围内有着广泛的研究。随着机电一体化的发展及计算机应用技术的进步,以及大量先进软件技术在磁轴承控制中的应用成熟,相信磁悬浮轴承的应用很快会发生天翻覆地的发展。

参考文献:

[1]磁悬浮轴承---理论、设计及旋转机械应用/(瑞士)施威策尔(Schweitzer,G.)等著;徐旻 张凯 赵雷 译.机械工业出版社(2012)

[2]磁悬浮系统控制算法及实现 曹广忠等著 清华大学出版社(2013)

作者简介:吴建远,男,汉族,本科,籍贯:广东湛江,职称:助理工程师,专业方向:电气工程及其自动化