

烧结主抽风机变频改造技术应用

刘 虎

(首钢长治钢铁有限公司 山西·长治 046031)

摘 要 通过对首钢长钢烧结厂主抽风机同步电机变频改造技术讨论,介绍同步电机相关变频改造设计方案及技术难点,为大功率同步电机变频技术推广提供参考和借鉴。

关键词 同步电机 变频改造 节电应用

中图分类号: TM921.51

文献标识码: A

0 前言

目前由于钢铁行业产能过剩等因素,导致企业效益下滑,业内竞争日益激烈,如何在竞争中生存和发展,其中综合利用资源,降低一次能源消耗,走循环经济发展模式至关重要。

钢铁企业是电力消耗大户,而其中烧结工序耗电占10%以上。首钢长钢现有200平米烧结机2台,本次主要从烧结主抽风机的实际使用情况出发,对该系统的变频节电情况进行分析,提出方案设计和节能效益分析。

1 烧结主抽风机运行情况

烧结主抽风机共有4台,运行工况基本相同;电机为有励磁同步电机;电机与风机之间软连接;风机的流量通过风门加以调节。根据现场记录数据,风机全年运行8000小时以上,在90%流量工作时间20%;80%流量工作时间为80%。电机数据如下:

额定电压	额定功率	额定电流	实际电流	功率因数	额定转速/实际转速	风门开度
10KV	4000KW	266A	208A	0.98	1500 转/分	80-90

2 变频节电原理及技术难点

2.1 节电原理

离心风机是一种平方转矩负载,其转速 n 与流量 Q 、风压 H 及风机的轴功率 N 的关系如下式所示:

$$\frac{Q1}{Q2} = \frac{n1}{n2} \quad \frac{H1}{H2} = \left(\frac{n1}{n2}\right)^2 \quad \frac{N1}{N2} = \left(\frac{n1}{n2}\right)^3$$

本文主要讨论通过配置变频调速器后,对风压进行恒定PID控制,通过调节电机转速,匹配不断变化的负载需求,从而实现节电,同时可以降低机械应力和磨损,并提高设备的可靠性。

2.2 存在的技术难题

目前,高压变频器主要应用于异步电机,而同步电机与异步电机在运行上的主要区别是同步电机在运行时,电枢电压矢量与转子磁极位置之间的夹角必须在一定的范围之内,否则将导致系统失步。因此同步电机变频改造时,起动整步、运行励磁调节、同步电机灭磁等均是同步电机变频改造的关键问题。

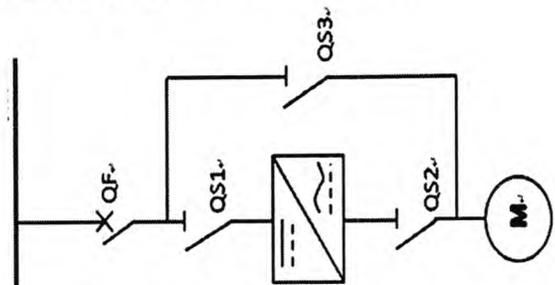
3 改造方案设计

技术人员对烧结主抽风机运行情况经过大量的理论分析、计算机仿真和物理系统实验,并进行多方的考察、调研,考虑到变频调速在交流电机调速领域中有调速范围宽、精度高、稳定性好、效率高、等优点,同事可通过交直交单元串联多电方式提高整流设备的脉波数,减小网侧高次谐波,降低 dv/dt 、脉动转矩和 di/dt 。

最终选用无速度传感器矢量控制、同步机高压变频调速系统,实现变频调速节电,并解决同步电机起动整步等关键问题,以下将简要进行介绍。

3.1 变频器原理

变频器是通过改变电机频率或电压来达到调速目的。在变频器启动前,要把风门开到最大,然后启动变频器;设备运行后应始终保持风门开度最大,通过变频器进行调节。系统原理是由3个高压隔离开关 $QS1$ 、 $QS2$ 和 $QS3$ 和高压开关 QF 、电动机 M 组成(系统单线图如下)。在 $QS2$ 和 $QS3$ 之间安装机械互锁装置,禁止同时闭合。变频运行时,开关 $QS3$ 断开, $QS1$ 和 $QS2$ 闭合;工频运行时,开关 $QS1$ 和 $QS2$ 断开, $QS3$ 闭合。高压开关 QF 、电动机 M 为现场原有设备。



3.2 同步电机变频改造难点解决

3.2.1 变频器起动整步问题

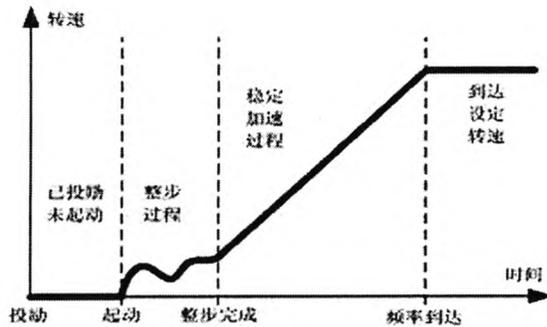
因同步电机特殊的运行模式,用变频起动时需使用带励磁起动。在起动之初须经过适当的整步使电机进入稳定的同步状态;同时要选择合适的定、转子磁势大小和控制好各步骤间的切换。具体启动步骤和图示如下:

(1)在变频器启动前,先由励磁系统给同步电机的励磁绕组一定的励磁电流,在电机转子上建立一定的磁场,完成励磁装置投励。

(2)变频器再给同步电机的电枢绕组适当的电压,产生转子电流。此时,转子在定、转子间电磁力的作用下开始转动,电机起动。

(3)变频器按照电机正常运行时的转动方向缓慢旋转,随着同步电机转子的转动和定子磁场的旋转,电压矢量与转子磁极之间的角度经过少量有阻尼的震荡后,逐渐趋于一个较小的常量。至此,同步电机进入同步运行状态,整步过程完成。

(4)变频器按照预先设定的加速度,逐渐加速到给定频率。此时,同步电机的转子角逐渐拉大到某一常值,然后电机转子磁极在定子磁场的吸引下逐渐加速至期望转速,同步电机起动过程完成。



3.2.2 变频器运行时的励磁调节

由于变频器具有调速功能,因此驱动同步电机时无需速度/位置传感器的控制方法,且变频器得输出波形与控制异步电机时的波形相同,均为 PWM 波形,因此在驱动同步电机运行过程中,变频器相当于一个正弦电压源,无转矩脉动,有很高的可靠性。

因为同步电机运行中的无功电流仅在电机和变频器之间流动,不进入外部电网,故不需要精确控制电机的励磁电流。通常可在同步电机正常运行的工况下,通过手动调节电机的励磁电流,达到变频器电流输出最小,功率因数逐渐接近 1,然后在此运行工况下保持该电流不变即可。对于在电机运行时需要实时调整励磁电流的,可通过现场实测出变频器输出给电机的无功功率,然后下达励磁给定信号,调整励磁电流。

3.2.3 同步电动机灭磁

同步电机正常停机时,通过变频器下达停机指令,驱动电机减速至停机转速,然后停止向电机输出电压。同步电机在此转速下进入无驱动滑行,在此过程中,高压变频器输出侧的耐受电压可以承受电机定子侧感应的电压,不需要即时灭磁。在现场断路器开关断开后,再通知励磁装置进行灭磁。

运行过程中突发故障时,变频器停止向电机的电枢绕组供电,但其励磁电流仍然存在,而高速旋转中的电机则持续地向其定子侧发出较高的电压,可能造成设备损坏。因此在遇到突发故障停机时,必须使变频器具有向励磁装置下达灭磁的功能。但同步电机的定子侧电压衰减一般需要数秒,因此驱动同步电机的变频器输出端必须具有承受短时过电压的能力。

4 节电潜力分析与计算

4.1 节能潜力分析

目前长钢烧结主抽工艺属于模糊控制,主要靠经验控制电机电流来满足工艺需求风量。现场查看时风机全速运行,流量通过进风口风门调节控制,风口开度为 80~90%,电机实际电流在 210A 左右。经过测试而风门开度在 70%时,电机实际电流接近 220A,这意味着工艺实际需求流量大约为额定的 70%以下,大量的能量损耗在风门处,所以具有节能空间。并且现场已有液力耦合器调节,将液耦拆除,可以提高设备的整体使用效率。

4.2 节能计算

认为风机全年运行的时间基本恒定,全年的产品产量基本恒定的情况下,考核整个风机系统的能耗,由此,我们可以在理论上比较安装变频调速器前后,系统能量消耗的情况。

风机的额定轴功率通常按照电机功率的 80%来计算,

即: $P_{\text{风轴额定}} = 40000 \times 80\% = 3200 \text{KW}$ 。

电机效率 90%;变频器的效率 98%;由于内外压差的关系,说明实际需求风量大约为 85%左右,考虑到变频调速后,风机效率会略微下降,设定为正常效率的 80%。我们根据离心风机自身特点,在一定调速范围内,风机轴功率与转速之间呈三次方的关系,可以得到采用变频器后,

$$P_{\text{输入}} = \frac{(85\%)^3 \times 3200}{90\% \times 98\% \times 80\%} = 2785 \text{KW},$$

$$\text{节电率} = \frac{3200 - 2785}{3200} \times 100\% = 13\%。$$

安装同步电机变频降速运行后,打开风门进行系统调试,达到满足工艺需求的风量。在项目改造前、后可通过记录电流、有功功率、无功功率、实际转速、功率因数等参数,来验证项目改造前、后节能情况(同时记录产品的产量,确保生产工况正常)。

5 小结

通过对烧结主抽同步电机变频技术改造设计,具有可操作性,不但可以确保系统稳定运行,节约电力消耗,而且使高压变频的应用领域更广泛,扩大了国家能源节约政策的实现途径,为我国建设节约型社会提供了更多的技术保障,具有较强的现实意义和推广价值。