

永磁调速与变频调速的应用分析

永磁驱动技术是近年来国际上开发的一项突破性新技术，是专门针对风机、泵类离心负载调速节能的适用技术。它具有高效节能、高可靠性、无刚性连接传递扭矩、可在恶劣环境下应用、极大减少整体系统振动、减少系统维护和延长系统使用寿命等特点。尤其是其不产生谐波且低速下不造成电动机发热的优良调速特性，更使其成为风机及泵类设备节能技术改造的首选。变频调速技术是在电动机供电电源与电动机定子间加入一个可改变电动机供电电源频率的变流装置，将通常50 Hz工频交流电源变为频率可调的交流电源的调速技术。简要阐述了永磁调速和变频调速原理及性能，通过第一热电厂电动机调速系统的试运中的数据对比及现设备运行状况和存在的问题，论述了两种调速的优缺点，总结了两类调速系统在运行中的改进建议。

刘 学/燕山石化公司

0 引言

风机、泵类和空压机是热电厂最重要的耗电设备，应用范围较广，耗电量巨大，做好此类负荷的节能工作十分必要。锅炉风机常年处于恒速运行状态，以风门开度调节风量，大量能源耗损于风门所增加的阻力上，极不经济，更不合乎国家节能减排的号召。通过高效的电动机调速来满足运行中负荷的变化，是提高风机和水泵运行效率和降低厂用电量的主要手段。根据公式：转速 $n = (1-s)60f/p$ ，传统的调速方法主要有：改变磁极对数 p ，调转差率 s 和改变电源频率 f 三种方法。变频器是通过改变电源频率 f 的方式来改变电动机转速的，轴功率会大大降低，从而实现节能；永磁调速器是通过改变电动机与负载之间的滑差实现调速的，打破了传统的调速观念，作为近几年来最先进的交流调速技术，

有着调节方便，节能效果好，没有谐波污染或电磁干扰等优点，得到了广泛的应用。

1 永磁调速与变频调速原理

1.1 永磁调速原理

永磁调速器是通过气隙传递转矩的革命性传动设备，电动机与负载设备转轴之间无须机械连接，电动机旋转时带动导磁盘在装有强力稀土磁铁的磁盘所产生的强磁场中切割磁力线，因而在导磁盘上产生涡电流。该涡电流在导磁盘上产生反感磁场，拉动导磁盘与磁盘的相对运动，从而实现了电动机与负载之间的转矩传输。

如图1所示，电动机与负载之间的转矩传输，不同于常规的硬机械连接方式，而是通过气隙连接的。它不仅可以通过调整气隙实现转速调整，还带来很多其他调速方式所不具备的优点。

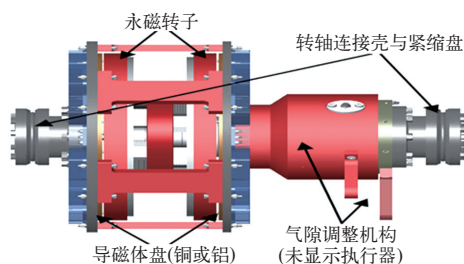


图1 永磁调速器结构图

如图2所示，永磁调速系统的可编程逻辑控制器PLC现场控制器采集诸如压力、流量和液位等过程信号以及其他相关的控制信号，进行相关的调速计算处理，然后将计算结果提供到执行器。该执行器



刘 学/高级技师

关键词/Keywords

永磁·
变频·
调速·
节能·
谐波·

调整气隙，从而调整负载速度以满足控制要求。

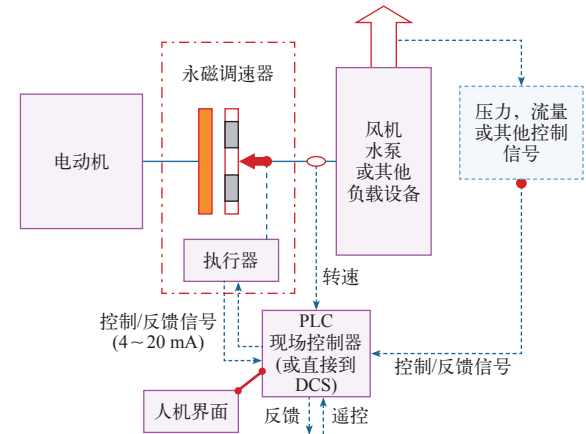


图2 永磁调速原理图

1.2 变频调速原理

变频调速技术是在电动机供电电源与电动机定子间加入一个可改变电动机供电电源频率的交流装置，将通常50 Hz工频交流电源变为频率可调的交流电源，实现变频调速的装置称为变频器。目前国内大都使用交—直—交变频器，变频器一般由整流器、滤波器、驱动电路、保护电路以及控制器等部分组成。首先将单相或三相交流电源通过整流器并经电容滤波后，形成幅值基本固定的直流电压加在逆变器上，利用逆变器功率元件的通断控制，使逆变器输出端获得一定形状的矩形脉冲波形。通过改变矩形脉冲的高度控制其电压幅值；通过改变调制周期控制其输出频率，从

而在逆变器上同时进行输出电压和频率的控制，而满足变频调速对协调控制的要求。

2 第一热车间交流调速系统现状

2.1 永磁调速的应用

第一热车间7[#]炉的送风机功率为310 kW，由于控制排放的要求，锅炉只能带50%的负荷，负荷调整范围广，以往依靠调节风机挡板开度大小调节方式，能源消耗严重。通过更换永磁调速装置，装置采用调整气隙实现转速调整，且调节方便。装置自投运以来，节约了调节风量时的电能消耗。且装置运行稳定，可实现平滑调速，达到了一定的节能效果。

2.2 变频调速的应用

变频调速在第一热车间设备上的应用比较广泛，由于变频器型号种类较多，安装维护方便，在烟气再循环风机、油泵、锅炉给煤机及一些辅助设备等低压电动机均安装了变频调速装置，总计50多台。由于采用了不同厂家的变频器装置，体现出的调速和节能效果也不尽相同。

2.3 永磁调速与传统方式的对比

2.3.1 7[#]炉送风机与5[#]炉送风机对比

7[#]炉送风机现为永磁调速系统，5[#]炉送风机为传统调节方式，将试运过程中5[#]炉、7[#]炉运行状况进行对比，如图3所示。



(a) 锅炉负荷趋势图



(b) 锅炉氧量趋势图

图3 5#炉、7#炉运行状况对比 (红色线代表5#炉、蓝色线代表7#炉)

通过对比,两台锅炉负荷平均为51~52 t/h,负荷相差不大;5#中压炉的氧含量控制在5%~6%之间,7#中压炉的氧含量控制在3%~5%之间。通过含氧量的比较可以看出,5#炉比7#炉的送风量多了8%的空气量,能源损失较大。

实际运行中,对5#炉、7#炉的风机耗电量进行了统计对比,数据如表1、表2所示。

表1 5#炉、7#炉的风机电能消耗情况对比

	5#送风机	7#送风机	5#送风机 电量	7#送风机 电量
互感器倍率	1 800	1 800	—	—
4月14日 8:00	表底2 249.05	表底1 957.3	—	—
4月15日 8:00	表底2 250.64	表底1 957.91	1.59	0.61
4月16日 8:00	表底2 252.21	表底1 958.59	1.57	0.68

表2 5#炉、7#炉产汽耗电情况对比

日期	累计负荷		产汽量		送风机 耗电量		单位产汽 耗电量	
	5#炉	7#炉	5#炉	7#炉	5#炉	7#炉	5#炉	7#炉
4月14日 8:00	4 788	72 403	—	—	—	—	—	—
4月15日 8:00	6 044	73 640	1 256	1 237	2 862	1 098	5.546	4.220
4月16日 8:00	7 326	74 882	1 282	1 242	2 826	1 224	5.349	4.319

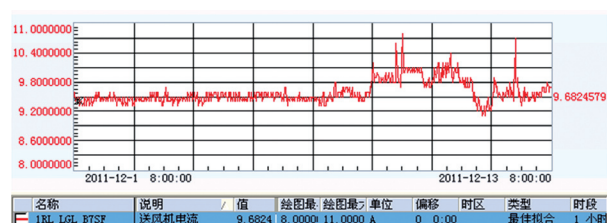
注:单位产汽耗电量中还要考虑引风机的耗电量。

从上述图表分析可以看出,5#炉与7#炉在48 h内的产汽量大致相同,送风机的电耗下降了约

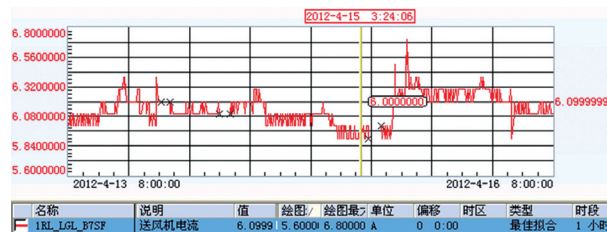
60%,表明在锅炉低负荷运行状态下使用永磁调速技术能够取得非常明显的节电效果。

2.3.2 7#炉送风机永磁调速改造前后对比

通过检查记录7#炉在相等负荷情况下的送风机改造前、后的瞬时电流进行对比,如图4所示。



(a) 改造前



(b) 改造后

图4 7#炉送风机改造前后的电流 (锅炉负荷: 52 t/h)

通过电流变化对比可以看出:锅炉负荷在相等的情况下电流从9.6 A下降到6.2 A,电流平均下降了35.4%。

2.4 变频调速与传统方式的对比

1#烟气再循环风机加装变频后的运行情况比较如表3所示。

表3 投运前与投运后风机运行参数对比

	变频器投运前	变频器投运后
锅炉负荷/(t/h)	270	241
风机入口挡板开度/(%)	26.3	68.9
风机出口压力/kPa	14.5	12.9
风机出口风量/(km ³ /h)	12	6
电动机转速/(r/min)	2 970	2 200
电动机电流/A	279	127
电动机轴承温度/℃	35	26
风机轴瓦温度/℃	30	32

注：1. 转速降低后，风机入口挡板开度由26.3%增大到68.9%，电动机电流由279 A降低至127 A。

2. 电动机和风机运行平稳，振动、温度均正常。

第一热力车间对CFB炉的两台功率为160 kW烟气再循环风机进行了变频技术改造，两台变频器均采用ABB公司生产的ACS800-0210-3型变频器，本次改造总功率为320 kW。根据生产实际，设定两台烟气再循环风机负荷90%风量运行90天，80%风量运行150天，70%风量运行30天，60%风量运行45天，一年总共运行315天。若电费按0.80元/kW·h计算，本次改造的总节电统计如表4所示。

表4 总节电统计

风机风量 (%)	运行天数 /天	运行小时 /h	节电率 (%)	节约用电 /kW·h	节约电费 /元
90	90	2 160	8	55 296	44 236.8
80	150	3 600	35	403 200	322 560
70	30	720	58	133 632	106 905.6
60	45	1 080	70	241 920	193 536
总节约电量834 048 kW·h			总节约电费667 238.4元		

此两套变频装置的总投资额大概 50万元左右，由表4可知，投资回收期不足一年。充分体现了变频装置应用在锅炉风机调速上的发展前景及巨大潜力。

3 两类调速系统的优缺点比较

3.1 永磁调速系统

第一热电运行车间7[#]炉送风机所采用的永磁调速装置，可以进行远端和就地控制，运行操作方便，有一定的节电效果。永磁调速器是通过气隙传递转矩的，从而实现了电动机与负载之间的

转矩传输，减少了电动机由于风机造成的振动问题。在实现软起动过程中，永磁调速器的起动过程是先将气隙调节到最大，这时电动机与负载是完全脱开的，实现电动机的空载起动，然后通过慢慢加速起动负载，当永磁调速器自动系统出现故障时，可以通过执行器手动调节。

尽管永磁调速存在着许多优点，但在实际应用中还存在一些缺陷。由于永磁在调速过程中力的作用，造成对电动机轴承的磨损加大。同时永磁调速在运行时，噪声相对较大，影响环境，且运行中温度高。另外永磁调速在安装时，电动机要向后移动，对电动机基础要加以改造，并对其加装刚性支座，相对于变频调速改造时间较长，同时还要求电动机的轴向窜动要在一定范围内，以保证运行平稳。

3.2 变频调速系统

变频调速是通过改变定子电源的频率来改变同步频率实现电动机调速的。在调速的整个过程中，从高速到低速可以保持有限的转差率，理论上讲具有高效、调速范围宽（10%~100%）和准确度高等性能，节电效果可达到30%~40%。变频器技术运用时间较长，技术相对成熟，设备运行平稳，故障率较低。

由于变频器的变流过程都是由半导体电力电子器件进行整流及逆变而实现的。而变流过程需要电力电子器件能承受相应工作电压（这是电力电子器件最重要的），同时在变流过程中产生功率损耗。功率损耗与通过变流装置的电能功率成正比，在一定程度上影响了节电率。另外，变频器的寿命约为8年，且随着使用年限的增加，故障率逐年提高，同时，变频器运行维护费用高，厂家配件贵，维护保养难度较大。

4 两类调速系统在运用中的改进建议

综上所述，两类调速在第一热车间应用总体状况良好，但各自也存在一些问题和缺陷，通过总结安装和运行中的一些实际经验，提出了一些改进建议，以确保设备安稳运行。

针对永磁调速系统,建议以下几点。

1) 选择永磁调速装置时应注意设备容量在它的使用范围内(安装时注意永磁调速装置的形式)。

2) 永磁调速装置应安装在通风且宽敞的场地,最好不要安装在狭小的厂房内,建议安装水冷型永磁调速装置。

3) 安装过程中建议加装支座,有条件加装轴瓦式基座。

4) 在安装时要检查电动机轴承轴向窜动情况,使其在规定范围内,防止造成磁盘吸合的故障。

5) 对投入运行的设备,加强设备巡检,做好检测振动、温度工作,同时做好维护工作,定期检查、维护,做好润滑加脂工作,以确保装置稳定运行。

针对变频调速系统,建议以下几点。

1) 为抑制变频器整流和逆变产生的谐波,可在变频器前加装电抗器或电源滤波器。这种方法可使电磁干扰电流降至原来的1/10,效果较明显;现在如施耐德、ABB公司的大多数产品已在内部加装了电抗器,用以减小谐波污染。

2) 变频器在安装时应注意:电源电缆采用屏蔽电缆,屏蔽电缆穿铁管并接地,输出电缆也穿铁管并接地,屏蔽层应在接变频器处和电动机处两端都接地。

3) 变频器安装地点环境卫生、通风要好,做好防护、通风措施,变频器运行半年应进行内部彻底的清扫检查,防止内部积灰造成半导体元器件损坏的变频器故障。

4) 对运行时间8年以上的变频器制定计划及

时进行更换。

5 结束语

近年来,由于对节能的迫切需要和对产品质量不断提高的要求,各种调速装置技术成熟,同时其操作简单、节电效果明显,并可以实现高功能化等特点,因而采用各种调速装置逐步取代风门、挡板和阀门的控制方案。通过实际使用发现:变频调速装置虽然能达到良好的节电效果,但大型的电动机高压变频器安装环境要求较高,需要设置配电间隔,考虑到其散热问题要安装空调器等散热装置。特别是其产生的谐波电流和谐波电压,对公用电网是一种污染,使用电设备所处的环境恶化,给周围的通信系统和公用电网以外的设备带来危害。永磁调速在传递效率、调节准确度和响应速度方面略低于变频调速。根据以上两种调速装置在电站中实际应用的总结,建议对于一些低压、中小型电动机,采用变频调速装置;而对于一些高压、350 kW以下的电动机,采用永磁调速的调节方式;对一些功率较大的重要电动机和一些调节范围较小的电动机慎用调速装置。在确保生产设备平稳运行的同时,再考虑采用先进的节能措施,只有这样才能做好电站生产设备的安全经济运行工作。

参考文献

- [1] 黄俊,王兆安.电力电子变流技术[M].北京:机械工业出版社,2010.
- [2] 马小亮.大功率交-直-交变频调速及矢量控制技术[M].北京:机械工业出版社,2010.

(收稿日期:2018-03-12) EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告