

节能减排

# 高压变频器在高炉炉前除尘中的应用

刘晓兵

(山钢股份莱芜分公司 炼铁厂,山东 莱芜 271104)

**摘要:**莱钢炼铁厂为节约电能源,对3#高炉4500、6300除尘风机,4#高炉8000除尘风机进行高压变频节能技术改造。改造包括电机改造、变压器选型、变频器选型、增加变频/工频切换柜等。改造后,提高了设备使用效率,延长了设备的使用寿命,减小了电网冲击,年节电效益合计374.72万元。

**关键词:**高炉;高压变频器;除尘风机

中图分类号:TM921.51

文献标识码:B

文章编号:1004-4620(2018)02-0047-03

## 1 前言

山钢股份莱芜分公司炼铁厂老区共有4座高炉,每座高炉分别设有1个出铁口。出铁后产生的大量烟尘完全依靠除尘系统进行处理。铁口出铁时产生烟尘量大,除尘风机风门接近全开,除尘电机处于高负荷运行状态。铁口封堵进入铁水冶炼阶段时,吸尘点阀门仍需打开,用以降低作业点温度并捕集产生的烟尘,但此时除尘电机可调至低负荷运行。按现有高炉出铁制度,铁口出铁时间约60 min,出铁结束进入冶炼阶段至下一铁口开口约需30 min。即正常生产时,在一个标准出铁周期内,只有2/3时间需要风机高负荷运行,余下的1/3时间风机可进入低负荷阶段。但实际运行时,风机风门接近全开,始终处于高负荷运行状态,而且除尘风机电机采用直接启动,启动时电流达到额定电流的7~8倍,整个过程造成了电能的极大浪费。

为了节约电能,保证除尘电机的使用寿命,增强设备的利用效率,迫切需要对现场的除尘系统进行技术改造,主要是增加安全、稳定、可靠性高的调速设备,保障整个除尘系统运行的稳定持续。

## 2 技术改造思路

考虑到炉前除尘风机对环保和生产的重要性,结合除尘系统的24 h不间断工作制,经技术人员现场研究决定,宜在炉前除尘系统中采用高压变频器的方式进行节能改造。同时,增设的高压变频器应该具有变频/工频切换装置,即在变频器发生故障时,能手动切换到工频方式运转,保证电机继续运行。并且,为满足岗位工艺的要求,需将变频器部分功能显示在监控画面上,实现上位机集中监管。

收稿日期:2017-11-29

作者简介:刘晓兵,男,1984年生,2007年毕业于北华大学自动化专业。现为山钢股份莱芜分公司炼铁厂工程师,从事电气自动化技术管理工作。

为此,在两座高炉大修期间对3#高炉4500和6300炉前除尘风机、4#高炉1台8000除尘风机采用ABB高压变频器ACS 1000系列实施变频节能改造<sup>[1]</sup>。高压变频器具有以下优势。

1) ACS 1000是应用于鼠笼式感应电机的三相变频器。采用成熟的微处理器控制技术来监控电机的电磁状态。这些数据配合直接转矩控制技术(DTC)可以达到近乎完美的无传感器电机控制。ACS 1000变频器的输出电压接近正弦,它可以用于现在所使用的标准感应电机而不需要降容,因此是改造项目的理想选择。

2) ACS 1000是一种无熔断器保护的变频器。这种专利设计采用新型的功率半导体开关元件IGCT作为回路的保护。为进行三电平切换运行,三相逆变器的每个桥臂由2个IGCT组成;IGCT的输出电压在正直流电压、中性点(NP)和负直流电压之间切换。采用DTC技术,就可以对输出的电压和频率在零到最大值之间进行连续的控制。充电电阻在变频器上电时限制直流回路的电流。当直流电压达到79%额定值时,IGCT导通,充电电阻被旁路掉。保护IGCT的主要作用就是在出现故障时迅速关断,以保护整流桥。ACS1000电气原理见图1。

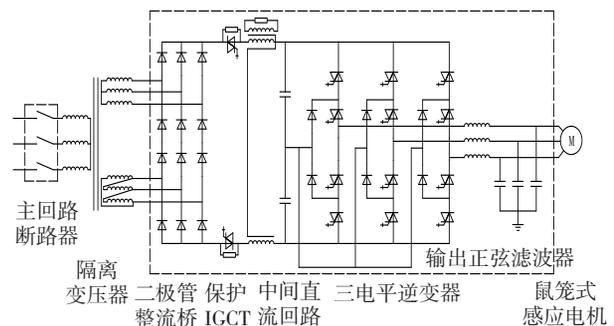


图1 ACS1000变频器电气原理

在变频器的输出需要加LC滤波器,用于减小输出电压中的谐波含量<sup>[2-3]</sup>。采用该滤波器之后,输送给电机的电压、电流波形接近于正弦波,如图2

所示。该滤波器还消除了  $dV/dt$  的影响,因而电机电缆中电压的反射和电机绝缘的损害影响都完全被消除了。

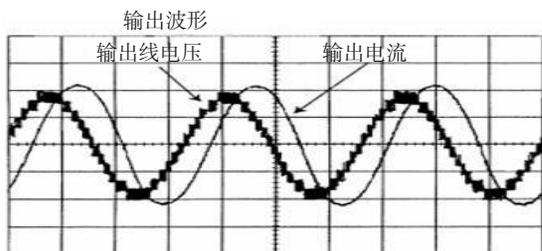


图2 变频器输出电压和电流波形

ACS 1000 变频器具有先进的本地控制和远程控制特性,控制设备集成在变频器柜体内部,提供基于过程控制、保护和监控功能的全数字和微处理器技术,提供了硬件保护电路的备份。

### 3 改造内容

#### 3.1 电机改造

在保证电机功率及转速不改变的情况下,根据工频/变频切换要求,需对原有3台工频电机进行更换,将3个绕组共6根引出线全部引出,分别引出电机两侧的接线盒内,其中U1、V1、W1在一侧接线盒内,U2、V2、W2在另一侧接线盒内。改造后现场电机参数如表1所示。

表1 改造后电机参数

除尘电机	额定功率/kW	额定电压/V	额定电流/A	额定转速/(r·min <sup>-1</sup> )
3#高炉4500	560	6 000	67.6	991
3#高炉6300	800	6 000	96.1	745
4#高炉8000	1250	6 000	259	994

#### 3.2 变频器选型

因厂内电网频率为50 Hz,所以3台除尘电机使用的变频器输入功率均为50 Hz,输出频率设置为0~66 Hz。变频器根据现场电机及风机需求,选用ACS1000变频器参数如表2所示。

表2 3台电机选用变频器参数

除尘电机	输入电压/V	输入电流/A	输出电压/V	输出电流/A
3#高炉4500	2×1902	108	0~3 300	150
3#高炉6300	2×1903	154	0~3 300	217
4#高炉8000	2×1902	215	0~3 300	281

#### 3.3 变压器选型

三相交流电源通过三绕组变压器对整流桥供电(见图1)。为了获得12脉波整流,变压器两个副边绕组之间必须存在30°的相位差。副边一个绕组为星形接法,另一个绕组为角形接法,3台电机选取的变压器相数3/6相、额定频率50 Hz、联结组标号Dy11d0、网侧额定电压6 000 V、阀侧(d接)额定

电压1 903 V、阀侧(y接)额定电压1 903 V。但变压器在其他方面参数根据现场实际情况有所不同,具体参数见表3。

表3 3台除尘电机对应变压器额定参数

高炉除尘电机	电机型号	容量/kVA	网侧电流/A	阀侧(d接)电流/A	阀侧(y接)电流/A
3#4500	ZTSFGN-800/6	800	77.0	121.4	121.4
3#6300	ZTSFGN-1150/6	1150	110.7	174.4	174.4
4#8000	TSFGN-1750/6	1750	168.1	265.5	265.5

#### 3.4 增加变频/工频切换柜

为提高环保质量,保证炉前除尘风机的连续运行,防止变频器故障停机后造成污染,需实现变频故障后能及时切换至工频运行功能,因此增加了变频/工频切换柜,保证了在变频故障时,除尘风机能及时倒用至工频运行。切换柜原理见图3。

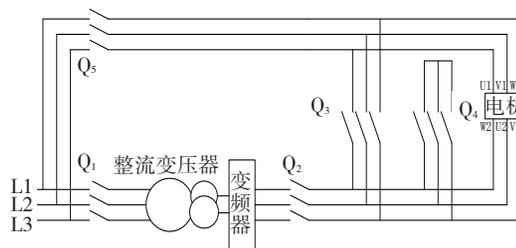


图3 切换柜原理

切换柜内的Q1、Q2、Q3、Q4、Q5均为隔离开关,其中Q1、Q5联动,Q1在合位时Q5在分位;Q2、Q3联动,Q2在合位时Q3也在合位。隔离开关操作时必须确认进线侧不带电方能打开前大门进行操作。分合隔离开关Q1~Q5时,必须用力操作使开关完全分合到位。Q1、Q2、Q3在合位、Q4、Q5在分位时,切换柜实现电机变频调速运行;Q1、Q2、Q3在分位、Q4、Q5在合位时,切换柜实现电机工频运行。

#### 3.5 实现上位机监控、控制

改造实现了风机运行上位机监控、控制。除尘值班室监控电脑通过网线与PLC通讯,PLC与高压变频器<sup>[3]</sup>、高压变频器与高压供电柜、高压供电柜与PLC均通过硬线连接。

开除尘风机时,点击监控电脑中“高压柜合闸”按钮,监控电脑发出高压柜合闸指令,PLC发出一个脉冲,对应的继电器闭合1次,此时合闸信号进入高压变频器,变频器输出合闸信号,高压柜合闸线圈得电,高压柜合闸。合闸信号反馈至PLC,在监控电脑显示。PLC发出合闸反馈信号至高压变频器。此时主回路接通,高压变频器检测到“高压柜合闸反馈”信号后发出“变频器准备好”信号至PLC,同时监控电脑显示该信息。点击监控电脑中“变频器启动”按钮,监控电脑发出变频器运行指令,PLC发出1个脉冲,对应的继电器闭合1次,此

时变频器运行信号进入高压变频器,变频器运行,电机开始转动。

停除尘风机时,点击监控电脑中“变频器停止”按钮,监控电脑发出变频器停止指令,PLC发出脉冲,对应的继电器闭合1次,此时变频器停止信号进入高压变频器,高压变频器停止,电机停止转动。检修时,为确保检修安全,需分断高压断路器,点击监控电脑中“高压柜分闸”按钮,监控电脑发出高压柜分闸指令,PLC发出1个脉冲,对应的继电器闭合1次,此时分闸信号进入高压变频器,高压变频器输出分闸信号,高压柜分闸线圈得电,高压柜分闸。分闸信号反馈至PLC,在监控电脑显示。PLC发出分闸反馈信号至高压变频器。

通过机旁箱切换开关实现机旁/远控的切换。当切换开关打至机旁时,通过机旁箱控制;当切换开关打至远控时,通过上位机控制。机旁箱打至机旁或远控时,监控电脑显示机旁或远控;同时,监控电脑具备变频器报警、变频器故障,工频(变频)工作位、变频器运行(停止)状态显示功能。电机转速在监控电脑上设定,通过PLC发出对应的(4~20)mA电流信号至变频器,变频器接收到电流信号后实时调整电机转速,并将电机实际运行速度反馈至PLC,在监控电脑上显示。

设置变频器急停功能。在机旁箱上加装急停按钮,遇突发情况时按下急停按钮,急停信号进入变频器,变频器停止运行。

因除尘岗位人员有限,在人员外出点检、放灰时,不能及时在高炉出铁和冶炼时调整电机运行频率,造成电能的浪费。针对此情况,在除尘值班室

监控电脑设置高炉主控室/除尘值班室切换开关,并设置高速/低速频率设定,将高炉主控室PLC和除尘值班室PLC通过硬线连接。当切换开关打至高炉主控室时,由高炉工长根据生产情况选择高频或低频,及时调整电机运行频率,降低电能消耗。

#### 4 改造效果

电机在工频运行时,三相绕组为星形接法;在变频运行时,三相绕组为三角形接法。通过实际测算电流和电机转速,按照功率因数0.82计算出电机的消耗功率。3#高炉、4#高炉检修周期均为40d,每次检修24h,检修时风机停机。按照此测算,3#高炉、4#高炉年实际生产时间为357d。每个正常出铁周期内,出铁时间为60min,铁水冶炼时间为30min,则每天为16个出铁周期。变频改造后,3台除尘风机年节电量分别为138.94万、234.91万、250.69万kW·h,年节电效益合计374.72万元。

采用变频调速后,电机实现了软启动,电机启动电流远远小于工频启动电流,减轻了对电网的冲击。电机使用变频实现软启动后,启动时间相应延长,减轻了启动时机械转矩对电机的机械伤害,延长了电机的使用寿命;减少了风道的振动,相应延长了许多零部件的寿命;减轻了对管道的冲击,有效延长了管道的检修周期,节约了检修费用。

#### 参考文献:

- [1] 吴忠智.变频器应用手册[M].北京:机械工业出版社,2004.
- [2] 倚鹏.高压大功率变频器技术原理与应用[M].北京:人民邮电出版社,2008.
- [3] 吴玢.变频器与PLC应用技术基本功[M].北京:人民邮电出版社,2010.

## Application of High Voltage Inverter in Dust Removal of Iron Blast Furnace

LIU Xiaobing

(The Ironmarking Plant of Laiwu Branch of Shandong Iron and Steel Co., Ltd., Laiwu 271104, China)

**Abstract:** To save energy, Laiwu Steel Plant carry out transformation for No.3 BF 4500, 6300, No.4 BF 8000 de-dusting fan with high voltage frequency conversion energysaving technology. The transformation includes motor transformation, transformer selection, frequency converter selection, increasing frequency conversion and switching cabinet, etc. After transforming, equipment efficiency is improved, the service life of the equipment is prolonged, the impact of power grids is reduced and the total 3.747 2 million Yuan benefits of energy saving can be got annual.

**Key words:** blast furnace; high voltage inverter; dust removal fan

学会  
动态

### 2018年高炉限产季、错峰季生产组织经验分析研讨会圆满落幕

2018年4月17、18日,由山东金属学会联合河北、安徽、江苏、山西、河南、陕西、天津金属学会主办,冶金之家、冶金材料设备网协办的“2018年高炉限产季、错峰季生产组织经验分析研讨会”在安徽黄山成功召开。出席本次会议的有来自邯钢、马钢、宣钢、韶钢、永锋淄博、青钢及胜宝钢铁等全国80余家钢铁企业代表、以及业内专家共140余人。

本次会议就开停炉操作、环保限产操作及高炉长寿技术等方面展开了研讨,来自企业和钢铁协会的专家代

表就以上问题进行了深入交流,达成了广泛共识,取得了良好效果。其中来自中国钢铁工业协会的窦立威教授和中国金属学会的王维兴教授专家做了专题演讲,受到了与会者的一致好评。来自各大钢铁企业专家的演讲也引起了大家的热烈讨论。

此次会议的成功举办为企业探索限产及错峰生产操作提供了经验与方法,为企业间加强交流,为环保限产期间确保高炉长寿和停开炉操作的有序进行提供了广阔交流平台。

(秘书处)