

Application of TMEIC High Voltage Inverter on 9735kW Sintering Main Exhaust Fan

Yonggan Han

Shougang Jingtang Iron and Steel Joint Co., Ltd., Tangshan, Hebei, 063200, China

Abstract

This paper introduces the TMdrive-MVG2 large power water cooling medium voltage inverter of TMEIC, and the application in 9735kW main exhaust fan of sintering plant, in Jing Tang Iron & Steel. Simply introduces the characteristic of the inverter, and the problems solved in the whole project of energy saving transformation of sintering main exhaust fan with frequency conversion, and the calculation of actual power saving and saving rate. This project adopt the technology of one inverters drive one motors, and keep the original Siemens two-drive four-frequency converter to start the power-frequency operation bypass. The motor can not only run in variable frequency, but also can synchronous switch to the power gride as Siemens medium voltage inverter soft starter.

Keywords

high voltage frequency converter; sintered main exhaust fan; frequency conversion operation; frequency conversion soft opening bypass

TMEIC 高压变频器在 9735kW 烧结主抽风机上的应用

韩勇敢

首钢京唐钢铁联合有限责任公司, 中国 · 河北 唐山 063200

摘要

论文简单介绍了日本TMEIC公司生产的MVG2系列大功率水冷高压变频器在9735kW烧结主抽风机上的应用。简要介绍TMEIC变频器的特点,在烧结主抽变频节能改造项目中重点解决的一些问题,以及实际节电量和节电率的计算。该项目采用TMEIC高压变频器一拖一技术,且保留原二拖四西门子变频器启动工频运行旁路系统。主抽高压电机不但可以高压变频器变频运行,还可以对电机进行西门子高压变频器软启动后工频运行。

关键词

高压变频器; 烧结主抽风机; 变频运行; 变频软启动旁路

1 概述

烧结主抽风机的系统配置: 2 台 500m² 烧结机, 每台烧结机 2 台主抽风机, 共配备 4 台西门子高压同步电机驱动, 原采用两台西门子 LCI150 电流源变频器控制, 正常运行方式是二拖四变频启动后工频运行。通过调节烧结主抽风机进风阀门开度调节风量, 以满足烧结生产工艺要求。在此基础上对烧结 4 台主抽风机进行高压变频运行改造, 增加 4 台 TMEIC 高压变频器, 采用一拖一技术, 且保留原二拖四变频启动工频运行旁路系统。主抽高压电机不但可以变频运行, 还可以对电机进行高压变频启动后工频运行。

电动机参数: 额定电压: 10kV; 额定电流: 636A; 额定转速: 1000rpm; 功率因数: 0.9 (超前); 励磁方式: 无刷励磁。

2 变频节能的原理

烧结主抽风机一般都不会满负荷运行。风机和电机的功率设计都有一定的富裕量。实际电机负荷大小由工艺要求的流量和风压决定。操作人员根据烧结混合料的燃烧情况, 随时调节风门来调节风量, 同时也可以调节风机的负压。从工艺来看, 风量由风压和风阻决定, 也和风机特性以及风门的开度有关。而风阻则和烧结混合料的透气性, 风道的风阻, 风门的开度都有关, 是随时变化的。尤其是烧结混合料的透气性对风阻的影响最大。烧结混合料的透气性和颗粒大小、厚度和结块程度有关。烧结混合料的厚度则和产量有关。钢铁厂的产量虽然大体稳定, 但受工艺和其他因数的影响, 总会有一定的变化, 对烧结矿产量要求是变化的。因此对主抽风机的风量要求也是变化的。

主抽风机在风门开度较大时, 即使再增大风门的开度, 对风量的影响不是很大, 电机电流和功率的变化也不大。风机运行时调节风门的开度, 虽然可以调节风量。但调节范围并不大。因为风阻受风门开度的影响较小, 受烧结混合料透气性的影响较大。风门开度不大时, 风门对风量的调节有一

【作者简介】韩勇敢 (1967-), 男, 中国河北人, 高级工程师, 从事电气设备技术管理研究。

定的作用。可以体现在风机的负压上，风机的负压可以随着风门的调节而变化，但变化范围不大。主抽风机功率随风门和风压的变化很小。一般主抽风机的额定风压为 -18kPa ，是额定风量下的风压，由风机的特性决定。因为风机有驼峰特性，实际最大风压比额定风压高不少。风量减少时，风压会升高，会大于额定风压，因此实际运行时风机的风压在 -17kPa 左右，风门可调节的风压范围至少为 $3\sim 4\text{kPa}$ 。这些风压是加在风门上并产生截流损耗的。因此可以用变频器通过调节电机的转速来降低风压的富裕量，使风机的风压满足运行的要求，风门可以全开，没截流损耗，就可以达到节能的目的。而且节约的风压与风机在该风量下的最大风压的比例，就是节电率。节电率的高低还和风机系统是否有漏风关系密切，如果漏风大，要求的风压高，风机的功率富裕量减少，则节电率就会降低。因此一般烧结主抽风机的变频改造，节电率在 $15\%\sim 20\%$ 范围内。虽然节电率不是很高，但由于电机功率大，年运行时间长，实际节电的效益还是非常可观的。

3 TMEIC 高压变频器的结构。

采用单元串联多脉冲整流电压源变频器，与传统 LCI 电流源变频器相比，具有功率因数高，输出电压的波形好，对电缆长度无限制的优点。采用每相 9 单元串联结构，实现 54 脉冲整流，对电网无谐波影响，电压为 37 电平逆变输出，输出正弦波电流，同步电机和异步电机都可以驱动，对电机无任何要求。以下为变频器的输出电压波形，输出电压近似正弦波，输出电流为纯正弦波。

TMEIC 大功率变频器，在国内高炉风机和烧结主抽风机中的应用业绩非常多，性能可靠。在节能降耗的同时，保证机组的稳定安全运行。TMEIC 高压变频器，采用日本指月公司生产，原装进口的自愈式金属化薄膜电容。电容终身不会发生短路故障，变频器 20 年的设计寿命内，电容不会损坏，也不需要更换，不但降低了单元的故障概率，用户日常维护中无需更换电容的费用，大大降低了维护成本。TMEIC 变频器，具备输入和输出电压的内部同期检测功能。

电网电压的波动范围为 $10 \pm 10\%\text{kV}$ ，要求变频器的输出电压，要能跟随电网电压自动调节，使得在切换瞬间变频器输出电压与电网电压一致，减小两者的电压差产生的电流冲击。因此 TMEIC 变频器，有输出电压自动调整的功能。

4 烧结主抽变频节能改造方案

改造方案保留原系统不变，只将变频器和手动旁路柜串联在原电机运行柜 MBL 上母线和原变频器启动柜 MBM 之间。增加 4 台手动高压变频器电源柜 MBLX 和 4 台 TNEIC 高压变频器，同时增加 4 套励磁柜和 2 套励磁切换柜。正常变频运行时，变频器电源柜在变频状态，励磁切换柜选择新励磁柜。一旦变频器长时间故障，则采用西门子变频器系统对电机变频软启动并同步切换到工频电网，电机在工频

状态下运行。

改造方案采用 4 台 TNEIC 高压变频器独自拖动相应 4 台主抽风机一拖一变频运行，在同一段母线上，两台变频器分别带两台电机变频节能运行，同时保留原西门子二拖四变频软启动工频运行方式。既实现了主抽风机变频运行节能的目的，又保留原西门子变频软启旁路，确保烧结主抽风机运行稳定。烧结主抽 TNEIC 高压变频器系统采用双变压器双功率单元柜设计。

高压主回路增加 4 台高压柜分别给 4 台高压变频器供电，高压变频器输入柜设计预充电功能，预充电柜设计电抗器预充电回路和高压接触器旁路回路。高压变频器输出侧设计高压隔离开关柜，高压隔离开关下火接至原变频启动柜 MBM 下火，再从原变频启动柜 MBM 下火接至原电机运行柜 MBL 下火，最后到主抽高压电机。设计高压隔离开关柜是为防止主抽风机变频软启时高压电从原变频启动柜 MBM 下火和原电机运行柜 MBL 柜下火返送到变频器功率单元，造成功率单元烧损。

如图 1 所示，TMEIC 高压变频器一拖一变频运行且保留原西门子变频软启动工频运行系统原理图。以 4# 变频器为例，高压变频器运行时，先确认 MBL4 和 MBM4 处于分闸状态，再依次合变频器输出高压隔离开关 QS4 和 MBLX4 高压开关，4# 高压变频器得电，在后台工控机上给定 4# 主抽风机启动频率，启动 4# 变频器带 4# 主抽高压电机 M4 变频运行。1#、2#、3# 变频器类同。这是正常的变频运行方式。假如 4# 变频器发生故障，4# 变频器停止运行或者 MBL4 高压开关断开，故障消除后可以继续开启 4# 变频器。如果故障无法短时间处理，则组织启动西门子变频启动系统。分 MBLX4 高压开关，分变频器输出隔离开关 QS4，合 MBM4，合 MBL4，在 CMAC4 柜操作屏上操作，启动 4# 主抽高压电机。1#、2#、3# 变频器发生故障类同。

5 改造中出现的问题及解决方案和效果

5.1 变频器室的冷却方式

① 4 台 11000kVA 变频器在同一高压变频器室内，变压器和功率单元发热量各按照 2% 计算，总发热量 1760kW ，发热量超大。因此对高压变频器功率单元采用纯水冷方式，对变压器采用空水冷方式。在配备 4 台 10 匹空调辅助冷却。每套变频器功率单元采用一套纯水冷系统（一台纯水冷柜）冷却，变频器室内共 4 台纯水冷柜。每套变频器配备两台变压器，分别采用一套空水冷系统，并采用 4 套变压器空水冷系统共用一个吊顶风道。

② 每台烧结机 2 台主抽风机，对应 4 套空水冷系统。采用 4 套变压器空水冷系统共用一个吊顶风道的好处是，如果任何一套空水冷系统故障，但由于其他空水冷系统还在运行，变频器的发热量可以均摊到其他 3 套空水冷系统上。变频器的排风量不受影响，因此变频器可以不停机继续运行。

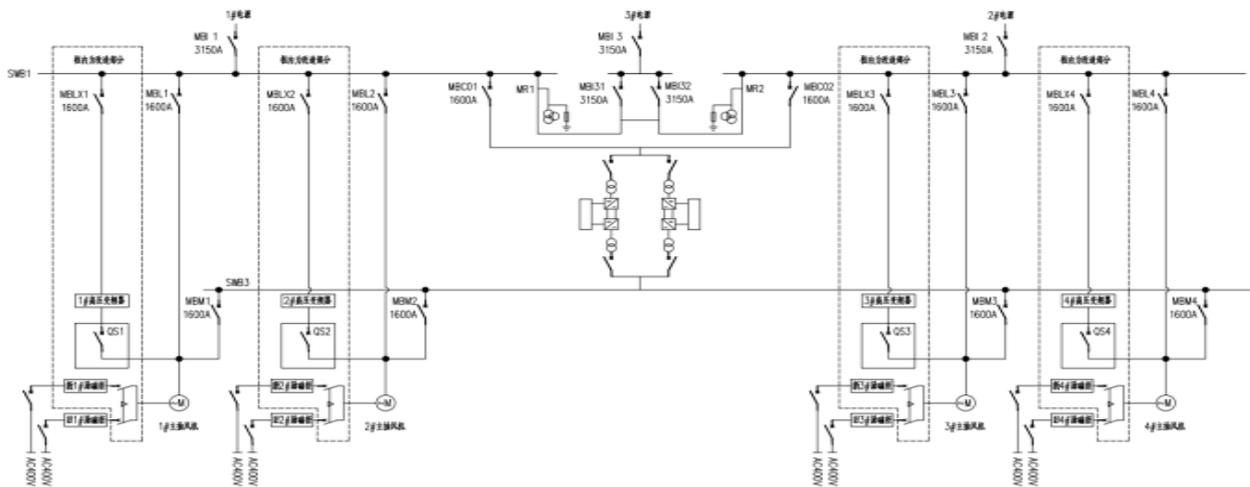


图1 烧结主抽风机节能改造后系统原理图

对设备的安全稳定运行有利。

房间的吊顶风道与变频器的高度相同。变频器室内环境温度 26.6℃时，变压器的最高温度温升约 20K，冷却效果非常好。

5.2 电机的励磁控制方式

①以前主抽高压电机采用西门子高压变频器启动工频运行时，设计了 4 套可以变频器启动工频运行的西门子励磁系统，变频器启动工频运行方式时，采用原西门子励磁系统。

②新增 TMEIC 高压变频器运行后，同时增加 4 套北京前鋒生产的 WKLF-602B 变频驱动无刷同步电动机双套调节器及双主回路配置的励磁装置。采用变频运行方式时，启动时变频器控制励磁柜先给励磁电流脉冲指令，变频器根据电机加励磁后反电势的相位，找电机的磁极位置，并从该磁极位置提供相应的电流，使电机同步。变频器启动时是按实际磁极位置启动，电机是先同步后启动，即电机启动时已经同步了，则不会有强制励磁产生的电流冲击和机械冲击，对电机和电网都非常有利，因此投励和同步也是无扰动的。

6 节能改造后烧结主抽风机实际运行效果

6.1 台主抽风机改造前后功率对比

①工频运行时：1# 烧结机上料 1000t/h，1# 主抽风机功率 7204kW，2# 主抽功率 7698kW，两台主抽合计功率 14902kW。2# 烧结机上料 1000t/h，3# 主抽功率 8226kW，4# 主抽功率 8264kW，两台主抽合计功率 16490kW。

②变频运行时：1# 烧结机上料 1000t/h，1# 主抽风机功率 6572kW，2# 主抽风机功率 6047kW，两台主抽风机总功率 12619kW。2# 烧结机上料量 1000t/h，3# 主抽风机功率 6606kW，4# 主抽风机功率 6331kW，两台主抽风机总功率 12937kW。

6.2 按机组计算变频运行时的其他电耗

①变频器的损耗按 3% 计算，1# 烧结机 2 台变频器总电耗 379kW，2# 烧结机 2 台变频器总电耗 388kW。

②水冷柜电机功率 5.5kW，实际电耗 4kW。每台烧结机的两台变频器水冷柜总电耗 8kW。

③每台空水冷风机功率 4kW，实际每台风机的电耗按额定功率的 75% 计算为 3kW。每台烧结机 4 台空水冷风机，空水冷系统总电耗 12kW。

④励磁系统和以前一样，实际变频运行时，电机的功率因数按 1.0 控制。而工频运行的励磁电流按补偿电网无功进行控制，因此一般工频运行的电机功率因数为超前 0.9，因此工频运行时励磁电流偏大。不考虑励磁部分的电耗。

⑤变频器的控制电源电耗，主要是柜顶风机的损耗，控制系统的开关电源功率可以忽略不计。每台变频器共 10 台 1.5kW 的风机，按 75% 的负荷率计算，每台实际电耗 1.1kW，实际每台变频器总电耗为 11kW，每台烧结机 2 台变频器总电耗 22kW。

⑥循环水泵的电耗，每台烧结机循环水泵电耗为 42kW。

6.3 实际节电功率和节电率：

① 1# 烧结机实际损耗：379+8+12+22+42=463kW，电网耗电为变频器输出功率加上所有电能损耗，为 12619+463=13082，节电功率 14902-13082=1820kW，节电率为：1820/14902 × 100%=12.2%。

② 2# 烧结机实际损耗：388+8+12+22+42=472kW，电网耗电为变频器输出功率加上所有电能损耗，为 12937+474=13411，节电功率 16490-13411=3079kW，节电率为：3079/16490 × 100%=18.7%。

一旦烧结机组临时检修，改造前是关小风门，但风机不停机。此时的工频运行关小风门的损耗，约为运行时损耗的 50%，即约 4000kW 左右。变频运行时，变频器可以随时启动，因此临时检修时间稍长时，变频器可以临时停机，节电率为 50%。节电功率约 4000kW。具体的检修时间由用户确定。如果检修时间短，可以降低频率，同时关小风门，最低频率可以达到 30%，此时风机的损耗很小，但电机有

空载损耗。因此检修时间很短时，可以不停机，降低频率和关小风门，也可以达到很好的节能效果，与完全停机的节电率 50% 比较，不停机的节电率也应该能有 40% 左右，不会少于 30%。

烧结主抽变频节能改造后，节电率在 10%~20%。改造前烧结主抽工频运行年耗电 2.1 亿度，按节电 12% 计算，4 台烧结主抽风机年节电量 2520 万 kWh，电费按每度电 0.5 元计算，年效益 1260 万元。烧结主抽风机 9735kW 高压变频节能改造节电效益比较可观。

参考文献

- [1] 李玮.软启动器及高压变频器在烧结主抽风机的应用[J].梅山科技,2020(1):4.
- [2] 郭金恒,郑德强,郭宗华,等.烧结主抽风机10kV同步电机高压变频器应用问题处理[J].变频器世界,2023,26(3):5.
- [3] 何文辉.东芝三菱TMEIC变频器常见故障分析及对策[J].南方金属,2022(6):19-20.
- [4] 于宝琦,章正悌,金锋.烧结配料用PLC对变频器控制的特点[J].仪表技术与传感器,2000(11):2.
- [5] 吴自强.水泵变频运行的图解分析方法[J].变频器世界,2005(7):5.