中压变频器在大 H 型钢精轧机中的应用*

闫 良

(内蒙古包钢钢联股份有限公司轨梁轧钢厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章介绍了 ABB 中压变频器(ACS6000)在包钢轨梁厂的成功应用,详细描述了 ACS6000 SD 系统主要的功率模块单元。结合 ACS6000 SD 中压变频器在大 H 型钢线精轧机同步电动机调速传动控制上的应用,对 ACS6000 中压变频器及直接转矩控制等先进技术在同步电动机上的应用特点进行了说明。

关键词: 模块化设计; 直接转矩控制; IGCT; 功率因数

中图分类号: TN773 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009 - 5438(2017)04 - 0084 - 03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.04.024

Application of Medium Voltage Frequency Converter in Large H - beam Finishing Mill

YAN Liang

(*Rail and Beam Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Nei Monggol*, *China*)

Abstract: In the paper, it is introduced the successful application of ABB medium voltage frequency converter (ACS6000) in Rail and Beam Plant of Baotou Steel, and the main power module unit of ACS6000 SD system is described in detail. Combined with ACS6000 SD medium voltage frequency converter in speed regulation drive control of synchronous motor in large H - beam line finishing mill, the application characteristics of ACS6000 medium voltage frequency converter and direct torque control and other advanced technologies in synchronous motor are described.

Key words: modular design; direct torque control; IGCT; power factor

包钢轨梁厂 2#大 H 型钢线建成于 2012 年年底,是一条年产 120 万 t 大型型钢生产线,主要产品为 H 型钢、钢轨、钢板桩等。该生产线万能轧机的主传动设备采用了 ABB - ACS6000 交 - 直 - 交变频调速系统作为电气传动系统,系统采用了三电平技术、电力电子元件 IGCT 以及直接转矩(DTC)技术[1]。整流装置由 3 套 11 MVA 整流单元并联组成共同为直流母线供电;逆变装置由 5 套 9 MVA 逆变单元组成,其中第一套逆变单元驱动 1 台 2 500 kW 同步电机,第二套和第三套逆变单元共同驱动一台 5 500 kW 同步电机,第四和第五套逆变单元共同驱动 1 台 5 500 kW 同步电机,整个系统采用集中水冷进行功率柜列的冷却。

1 系统组成

包钢轨梁厂的 ACS6000 主传动系统主要有两个控制部分组成。其中一部分就是 ACS6000 传动控制系统,另一部分就是由 ABB - AC800PLC 及其所带的各个远程 I/O 站点,负责电机轴瓦的顶升油、电机空水冷却器、电机轴瓦等辅助设备的连锁与控

* 收稿日期: 2017 - 05 - 08

作者简介: 闫 良(1982 -),男,内蒙古包头市人,工程师 ,现从事电气设备的检修维护及管理工作。

制。其中 ACS6000 传动控制柜列与一级 SIEMENS—PLC通过 PROFIBUS – DP 网络进行通讯,ACS6000 传动系统中的 ABB – PLC 通过 DDCS 通讯与传动柜列的控制板进行数据交换,同时 ABB – PLC通过以太网与上位机 HMI 进行通讯。

整个系统的功率部分由主变压器给三个并联运行的可逆整流单元供电,整流单元给系统的公共直流母线供电,而每个电机的逆变单元都分别连接到直流母排上,同时输出直接到各自控制的电机。而励磁则通过单独的励磁变压器供电,但 3 台电机共用 1 台励磁变压器,励磁装置采用 ABB 的直流传动控制装置 DCS800 。系统的控制部分主要由主控板 AMC33 板、功率适配板 Int 板、电压电流检测板 CVMI板、同步电源检测板 SYNC、IGCT 等组成,这些板间都通过光纤进行数据交换,两个 ARU 整流单元并联为直流母线供电,两个 INU 逆变单元为一台电机供电。ACS6000 传动系统在设计上采用模块化的设计理念,整个系统由以下几个模块组成。

1.1　控制单元

控制单元 COU 作为整套变频传动系统的核心控制单元,具有监控整个变频传动系统以及水冷却系统的功能。其主要功能包括: 控制整流器和逆变器、控制和监控电机运行参数、控制电机的励磁电流、控制和监控变压器和主回路断路器、控制和监控集中水冷系统、通过 CDP312 控制面板和按钮进行就地操作。

1.2　整流单元

整流单元 ARU 由三组标准化 IGCT 相模块组成,构建起了一个三电平结构,自换向电压源型整流器。整流单元作用是将变压器二次侧的交流电压整流为直流电压给传动系统直流母排供电,并给直流母排回路中的大容量电容组充电。在电网电压存在波动的情况下,直流母排回路的电压均能保持恒定不变。整流单元主回路装置主要包括: 进线滤波器、三组 IGCT 相模块、限流电感等电气元件。输入侧是三相交流电; 输出则采用三电平结构直流母排。

1.3　电容单元

电容储能单元中的电容器组安装在阳极与中性点之间,以及阴极与中性点之间,通过存储部分能量来削峰平谷,达到平滑母排中间直流电压的作用,使直流电压在负载变化较大的情况下依旧保持平稳。同时电容单元还包括接地开关,接地开关提供变频器接地功能,在检修的情况下接地开关必须处于闭合状态。

1.4　逆变单元

逆变单元 INU 由三组标准化 IGCT 相模块组成,构建起了一个三电平结构,自换向、6 脉冲、电压源型逆变器[2]。逆变单元将直流母排直流电压逆变为交流电压,用来驱动电机。整流单元 ARU 和逆变单元 INU 上的 IGCT 相模块结构是一样的,只是能量流向相反,输入侧是直流母排; 输出侧是三相交流电。整流单元和逆变单元的主要区别: 整流单元柜里配置有抗饱和装置,用以避免直流分量使变压器铁芯过饱和; ARU 软件包括直流电压和 COS 函数的计算; INU 软件包括电机转矩(速度) 和磁通计算。

1.5　励磁单元

励磁单元 EXU 采用 ABB – DCS800 直流装置,同时配有过压保护装置,用来保护瞬时大电流对直流装置的冲击。励磁单元负责控制交流同步电动机的励磁,通过单独的变压器对其进行供电。电机主控板 AMC3 板通过 DDCS 通讯光纤与 DCS800 进行通讯,主控板 AMC3 给 DCS800 发控制字及励磁电流的给定值,而 DCS800 通过 DDCS 通讯将自己的状态字、实际值、故障代码、报警代码等信号传送给主控板。

1.6　水冷单元

水冷单元 WCU 作用是向 IGCT 相模块提供内循环冷却水,将相模块产生的热量与外循环系统冷却水进行热交换,并配置有过滤器对内循环冷却水进行不断净化。水冷却控制系统是整个变频控制系统的一部分,位于控制单元内。

1.7　电压限幅单元

电压限幅单元 VLU 有两个 IGCT 模块和一组大功率吸收电阻,由 IGCT 通断来控制投入和切除,用以吸收部分电压能量,保护系统中整流单元和逆变单元中的各类电力电子器件,避免转矩突变时产生的瞬时尖峰电压对元器件造成损伤。

2　ACS6000 的技术特点

ABB 公司生产的 ACS6000 系列变频器的特点是; 动态特性好、调速精度高、转矩响应快、保护功能完善、功率因数高,而且具有强大的用户界面功能,便于用户对整个变频器进行动态监测、参数修改、维护指示及故障查询。ACS6000 系统关键技术是采用了直接转矩控制,直接转矩控制

(DirectTorqueContro1)是一种具有高动态性能的交流变频调速系统[1]。系统中的整流器和逆变器的功率元件均采用IGCT相模块,采用电压型三电平控制方式,其正弦波电压的谐波分量小,其输出频率范围较大,输出电压平稳,可在四象限下平稳运行,具有向交流电网回馈电能的能力,功率因数为1.0的性能。采用公共直流母排、无熔断器输入结构,效率高,响应时间快,高次谐波含量低。ACS6000系统具有的高可靠性,体现在以下几个方面:

(1)是采用IGCT技术,集成化门极换流晶闸管(IGCT)是以GTO为基础进行改进的器件,既有GTO的可关断特性,又有SCR的大功率特性[2]。IGCT可由门极控制瞬时使导通的晶闸管转为晶体管,因此无需关断吸收电路,可使逆变器设计的结构简单,可靠性高。同时与带吸收电路的逆变器相比其功率耗减小。关断响应时间加快,尤其重要的是由于关断存储时间的减小,使该器件非常适用于串联使用而不需要对器件的参数进行特殊筛选。

(2)无熔断器设计,避免使用不可靠的熔断器,提高了系统整体可靠性。基于考虑大容量高速快熔的不可靠性可能会引起设备故障、成本高、难于精确制造、精度差、更换时间较长等缺点,ACS6000系统采用了无快熔全触发保护方式。当某一桥臂的脉冲紊乱或IGCT不能关断导致桥臂直通短路时,故障电流在快速短路保护装置(FSCD)中感应出异常电源,给INT接口板发出异常光信号。故障单元INT板判断接受到的信号异常时,通过INT板间的光纤链路,快速让所有INT发出全触发脉冲,使所有桥臂的IGCT脉冲导通,分流故障桥臂上的过电流。系统为保证全触发保护的快速性,所有整流和逆变装置的INT接口板之间都有专门的光纤链路。全触发保护同时,主逆变器INT板发出直流高压开关分闸指令,每台逆变器INT发给各自励磁装置电源跳闸指令,避免电源侧和马达侧能量继续流入装置。

(3)系统高功率因数,ARU通过基于IGCT的控制,系统可以很好的将功率因数控制为1,将能量从网侧几乎全部传递到电机,同时将在反向制动时将能量反馈回电网[2]。ARU高功率因数整流器特点:①有源整流单元允许四象限运行,这使得在整个功率范围内正反两个转向上都可实现再生制动。②ARU在整个运行范围内将功率因数控制为1,即使在低速范围也是如此。③ARU能随时补偿连接到同一电网的其他负载产生的无功功率。④ARU通过使用预定义优化的脉冲模式,降低和消除主电网上的谐波。

(4)直接转矩控制,具有高动态性能的交流变频调速系统[1]。ACS6000中压变频器直接转矩控制(DTC)是ACS6000中压变频器的关键技术,它使交流传动方面独特的电机控制方式。逆变器的导通与关断由电机的核心变量——磁通和转矩直接控制。每25 US将测量的电机电流值和直流回路电压值输入到一个自适应的电机模型,并精确地计算出电机转矩和磁通。磁通和转矩比较器把实际值与磁通和转矩控制器计算的给定值进行比较。根据磁滞控制器的输出,每50 US由最优的开关逻辑直接确定逆变器最优的开关位置。DTC提供了精确转矩控制,使得中压变频器提供最大化的起动转矩,即便于控制,又有利于平滑运行,充分地发挥了同步电机功率因数高、输出转矩大而转动惯量小的特点。直接转矩控制(DTC)控制理论能够实现;转矩响应时间比传动的磁通矢量或脉宽调制控制方式快10倍;最小的转矩纹波;精确地静态速度和转矩控制。

3 故障的判断及分析处理

3.1 功率因数太差的解决方案

调试完成后发现ACS6000的功率因数很低,分析研究后发现功率因数低的因为是电网电压过高造成的(ABB设计的进线为10 000 V、现在进线有时能达到10 700 V)。为了解决此问题将变压器的抽头调到了10250档,即变压器的第二档,之前在10000的档。调完之后进线电压还是略高,随后又将ARU的直流电压给定值(111.02 DC VOLTAGE REF)由4 840 V调到了4 960 V。通过这两个措施解决了系统功率因数低的问题,使得ACS6000系统功率因数能够达到1。

3.2 欠压跳闸处理方法

ACS6000系统调试结束使用的过程中经常报网侧低电压故障而造成系统跳闸的现象。报欠压是由于电网电压的不对称,network asymmetric检测的原因。分析后得知此问题是由于现在电网电压还是高,而且电压波动也较大造成的。电网电压在当前不降低的情况下,通过修改参数(186.17 NEG SEQ RIDETHRU)由10%修改为30%来解决此问题,参数修改完后再没有报此故障。

(下转第90页)

(1)先控制速度同步,即为秒流量相等的必要条件,只有秒流量相等,才能保证微张力的控制才有现实意义。

(2)其次是机架力矩的稳定,通过设定机架单位张力来控制机架电动机的转矩,将张力值的控制转移到轧机系统的转动转矩上,完成控制目标的变相转移。

(3)速度控制和张力控制的PI调节器输出共同作用于机架的速度给定控制,从而通过矢量控制来调速,而获得较高相应动态的转矩变化,来稳定轧机间张力的变化。

3 结束语

在万能轧机的轧制过程中,轧机间轧件的微张力不仅取决于轧机的运行速度,同时也和辊缝的压下量有关。因此,在实际的轧制过程中,微张力的使用更多是参考实际轧制出的产品尺寸而进行适当的调节,达到断面和通长质量的控制。

参 考 文 献

[1] 李玉冰,孙玉洁,李征. 冷轧机架间的张力控制[A]. 2007年河北省轧钢技术与学术年会论文集(上册)[C]. 秦皇岛:2007.

[2] 邹彦春,阎良. 轨梁轧制中的辊缝控制[J]. 辽宁科技大学学报,2012,35(6):581-585.

[3] 魏玉生. 微张力控制原理. 酒钢科技[J]. 2012,(3):234-238.

(上接第86页)

3.3 发生短路或过流时故障的检查

在生产的过程中发生过几次过流跳闸的现象,跳闸后发现系统无法直接恢复送电,在检查系统后发现个别IGCT板上的状态灯显示不正常,后更换后系统恢复正常。所以当发生短路、过流等故障时,首先应打开柜门,检查功率元件IGCT和二极管。

(1)观察IGCT上的两个灯亮的是否正常。若有灯不亮,说明这只IGCT肯定有问题,必须对其进行更换。

(2)即便IGCT上的灯都亮,也不能说明是正常的。按照IGCT检测手册来测量IGCT是否损坏。

(3)对于二极管的检测可以采用比较的办法,同时测量两相模块的二极管,若结果相似,则表明无问题。

4 结束语

ACS6000中压传动系统的动态响应快、范围调速宽,不仅提高了传动控制设备的先进性、可靠性,而且由于应用了三电平交-直-交变频传动技术控制同步电机,改善了电网质量,提高了功率因数,省略了谐波补偿装置。该系统自运行以来性能稳定可靠,动态速度波动小,并且成功地轧制了不同规格的型钢及重轨产品,创造了可观的经济效益。

参 考 文 献

[1] 韩如成,潘峰. 直接转矩控制理论及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2012.

[2] 袁立强,赵争鸣,宋高升,等. 电力半导体器件原理与应用[M]. 北京:机械工业出版社,2011.