

SINAMICS S120变频调速系统 在立辊轧机中的应用

郭艳兵, 吕少鹏, 许海涛

(北京金自天正智能控制股份有限公司, 北京 100070)

摘要 热连轧生产工艺对立辊主传动提出动态响应性能好、静态准确度高和调速范围宽等技术要求, SINAMICS S120 变频调速系统能够满足上述要求。介绍其在立辊轧机中的实际应用, 并深入分析传动系统拓扑结构、网络配置方案、逆变器的选型效应以及现场运行效果。

关键词: SINAMICS S120 系统; 功率模块; DRIVE-CLiQ 网络; 矢量控制; 交流异步电动机

Application of SINAMICS S120 variable frequency speed regulation system in edger mill

GUO Yanbing, LV Shaopeng, XU Haitao

(Beijing Aritime Intelligent Control Co., Ltd., Beijing 100070, China)

Abstract: The edger mill of hot rolling requires wide speed regulation range and high dynamic and static performance. SINAMICS S120 AC-DC-AC frequency controlsystem can meet the requirements. The topology structure of the drive system of edger motor is introduced, the network configuration scheme, the intended effect of inverter and the actual operation effect are analyzed.

Key words: SINAMICS S120 system; power module; DRIVE-CLiQ network; vector control; AC asynchronous motor

0 引言

目前, 交流异步电动机以其转动惯量小、动态响应快、结构简单、坚固耐用、维护工作量和运行效率高等优点被广泛采用, 如热连轧的立辊轧机、卷取机等驱动电动机。这类异步电动机容量较大(800~1 500 kW/660 V)、调速范围宽和动静态性能要求较高^[1], 而西门子先进的SINAMICS S120传动系统具有矢量控制及自优化功能, 能保证转速和转矩的精确控制, 满足立辊轧机工艺要求, 而且具有模块化、配置灵活、易扩展性、开放性和调试简单等特点, 是低压交流电动机变频器的较好选择。

1 立辊电动机技术数据

立辊电动机为三相笼型异步电动机, 电动机连接方式为双绕组Y型。电动机额定功率1 200 kW, 电压510/660 V, 转速120/360 r/min, 电流 $2 \times 799/2 \times 617$ A, 频率6.2/18.3 Hz, 电磁转矩95 500/31 833 N·m。电动机为S1工作制, 1.15倍额定电流长期运行, 2.0倍额定电流60 s过载运行。从电动机数据可以看出, 电动机510~660 V是弱磁升压阶段, 弱磁调速范围为3:1。

由于逆变器采用IGBT器件以及PWM两电平调制方式^[2], 调制方波在电动机端部产生电压尖峰, 所以要求电动机的 du/dt 为5 000 V/ μ s, 电动

机承受最大线电压峰值为 $U_p=2\ 000\text{ V}$ 。

2 立辊轧机传动控制系统

立辊电动机采用SINAMICS S120系列交-直-交电压型变频调速系统,具有模块化设计理念,结构紧凑、配置灵活,可通过并联技术实现整流及逆变功率拓展,最多可并联4个相同功率模块且需考虑5%的降容。DRIVE-CLiQ网络技术采用100 Mbit/s 以太网技术,使系统配置灵活和易扩展^[3]。

S120传动系统主要分为整流回馈单元、电动机模块和控制单元三部分。图1为立辊传动系统拓扑结构图。

2.1 整流回馈单元

采用IGBT智能型整流回馈单元SLM,其整流功能由续流二极管完成,逆变功能通过IGBT在电网自然换相点的导通和关断来完成,无须再采用自耦变压器,既节省成本又避免逆变颠覆故障^[4]。

4台1 400 kW整流回馈单元SLM通过12相整流提供直流电压,再由电动机模块驱动电动机,IGBT整流回馈单元需要加进线电抗器($U_k=4\%$),用以限制并联时可能出现的环流以及无功电流的冲击。整流变压器采用三绕组双裂方式供电,其二次侧为星、三角连接,相位角相差 30° 。12相整流降低电源的谐波负载,直流母线多传动方式可以使逆变器之间在电动和发电进行能量交换,达到节能降耗的效果。

2.2 电动机模块(逆变器)

立辊电动机为Y型双绕组交流异步电动机,供电逆变器为交-直-交电压型IGBT两电平拓扑结构。由4台710 kW电动机模块并联共同驱动一台立辊电动机,通过各输出电抗器连接至电动机,不仅可以实现装置间解耦,还可以减小逆变器和电动机长电缆引起的电流尖峰,有效降低 du/dt ,提高了电动机的运行性能^[5]。4台电动机模块之间由DRIVE-CLiQ网络连接。系统采用带速度码盘反馈的矢量控制以保证控制准确度,码盘转换模块SMC30不仅对码盘信号起到抗干扰作

用,还带有DRIVE-CLiQ口。电动机模块额定功率为710 kW,额定电流为735 A,按300 s的负载周期,1.5倍过载60 s,此时基本负载电流 I_H 为657 A。电动机模块并联时需考虑5%的降容,逆变器和电动机的容量效验见下表。从表中看出,逆变器有过载余量,逆变器与电动机容量匹配合理。

表 逆变器和电动机容量效验

Tab. The inverter and motor capacity check table

单位: A

内容	额定电流		长期电流		60 s 短时电流	
	基速	高速	基速	高速	基速	高速
电动机	1 598	1 234	1 838	1 419	3 196	2 468
逆变器	2 793	2 793	2 486	2 486	3 745	3 745

2.3 控制单元

控制单元CU320-2DP是中央核心控制器,可以完成6个轴的高准确度矢量控制^[6]、自优化以及通信等功能,它与逆变器、整流单元、SMC30码盘板以及所有带DRIVE-CLiQ口的设备构成传动内部网络通信,建立DRIVE-CLiQ电子铭牌数据库,保存在控制单元中,可以避免配置错误。利用Sizer选型软件以及Starter调试工具进行组态配置^[7]。

控制单元CU320-2DP集成的PROFIBUS DP接口可以与上位机数据交换,上位机可从控制单元的DRIVE-CLiQ电子铭牌数据库中直接读取或发送数据,无须实时数据传输,相比原来的现场总线传输方式,无须复杂的硬件配置,而且站点减少,网线短,提高了网络传输效率以及可靠性。

2.4 DRIVE-CLiQ网络配置

DRIVE-CLiQ网络配置图如图2所示。1[#]CU320的X100和X101口分别连接SLM1、SLM2以及传动侧(DS)逆变器模块;2[#]CU320的X100和X101口分别连接SLM3、SLM4,以及操作侧(OS)逆变器模块。传动侧(DS)和操作侧(OS)逆变装置均由4台电动机模块通过DRIVE-CLiQ网络并联组成,且模块1的X103口连接码盘适配器SMC30。2台CU320的DP口连接与上位机PLC系统交换数据^[8]。

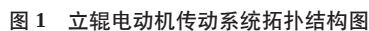


Fig. 2 DRIVE-CLiQ network configuration diagram



Fig. 2 DRIVE-CLiQ network configuration diagram

3 现场应用

S120高性能变频调速系统成功应用于热连轧的立辊传动系统中,粗轧机在奇道次轧制时,和立辊之间会形成连轧关系,通过调节粗轧机和立辊的速度来匹配他们之间的张力^[9]。

图3为立辊电动机速度给定及反馈波形;图4为电磁转矩给定和反馈波形;图5为磁链给定及反馈波形。从图3~图5中可以看出,轧机在25 r/min时待钢,第一道次以60 r/min的速度咬钢,咬钢转矩20 000 N·m,电动机运行在基速以下,磁链为100%,最高轧制速度为76 r/min,转矩为30 000 N·m;第二道次空过;第三道次最高轧制速度为175 r/min,电动机处于弱磁状态,磁链降到88%,转矩为20 000 N·m;第四道次空过;第五道次最高轧制速度为150 r/min,电动机处于弱磁状态,磁链为98%,转矩为13 000 N·m,立辊轧机在整个轧制过程中,速度反馈能很好地跟随速度给定,转矩出力以及磁通变化响应快,转速超调量和动态速降小,很好地满足立辊轧制工艺要求。

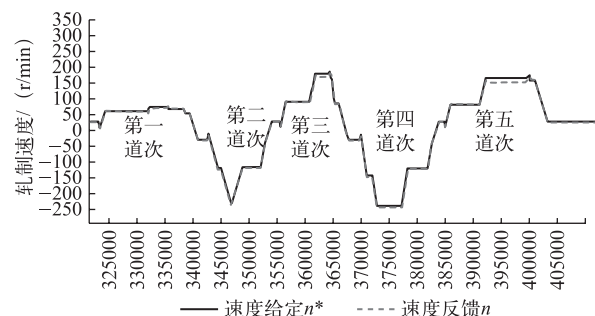


图3 立辊电动机(DS)速度给定和反馈波形

Fig. 3 Speed setting and feedback of edger motor (DS)

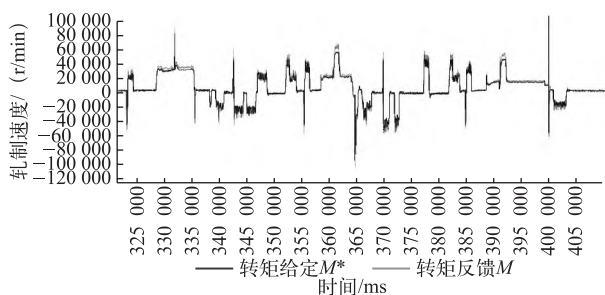


图4 立辊电动机(DS)转矩给定和反馈波形

Fig. 4 Torque setting and feedback of edger motor (DS)

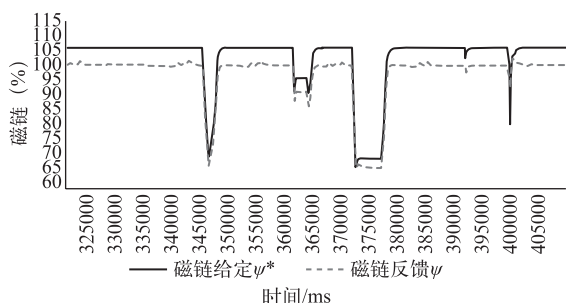


图5 立辊电动机(DS)磁通给定和反馈波形

Fig. 5 Flux setting and feedback of edger motor (DS)

4 结束语

SLM整流回馈单元性价比高、故障率低,但回馈是开关型电网换流方式,属于开环控制,为防止空载或轻载时出现较大无功电流,需要根据直流母线总电容值配备进线电抗器^[10]。另外,相同容量的功率模块外观尺寸比6SE70系列减小30%,需要在柜体结构设计时考虑装置散热问题,避免影响功率模块的出力。

从立辊轧制波形可以看出,S120传动系统能够满足立辊轧机频繁加减速、正反转和突加/减负载等工艺要求。该系统长期运行稳定、故障率低且维护量小,为同行提供参考和借鉴。

参考文献

- [1] 李永东,郑泽东.交流电机数字控制系统[M].3版.北京:机械工业出版社,2016.
- [2] 马小亮.高性能变频器调速及其典型控制[M].北京:机械工业出版社,2011.
- [3] S120_Drive functions_Function Manual._2016.07.
- [4] 董云鹏,季宝伟,隋大伟,等.S120在薄带铸轧主轧机控制系统上的应用[J].电气传动,2021,51(15):76.
- [5] 马小亮.调速用交-直-交电压型变频器的几个应用问题[J].电气传动,2020,50(2):3.
- [6] 赵文武,李晓燕,于明,等.异步电动机矢量控制混合磁链模型的设计与实现[J].电气传动,2017(12):30.
- [7] 吕少鹏,赵泉泉,申振鑫,等.西门子S120调速系统在中棒轧机主传动上的应用[J].冶金自动

化, 2013(增刊2): 493.

- [8] 刘二龙. Sinamics S120在限动齿条中的应用[J]. 电气传动, 2015, 45(10): 64.
- [9] 张国华. 粗轧平辊与立辊的微张力控制技术. 冶金自动化, 2018(51): 80.
- [10] 魏秀意, 朱春毅, 许海涛, 等. IGBT 整流回馈单元的研究及在轧机传动系统的应用[J]. 冶金自动化, 2021, 45(4): 74.

作者简介

郭艳兵(1978—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事冶金自动化及电气传动方面的科研及工程应用。

(收稿日期: 2021-12-05)