

S120在薄带铸轧主轧机控制系统上的应用

董云鹏,季宝伟,隋大伟,徐艳松,马洁

(天津电气科学研究院有限公司,天津 300180)

摘要:薄带铸轧生产线设备紧凑,生产工艺更加低耗高效,是钢铁工业流行发展的趋势。SINAMICS S120控制系统应用在薄带铸轧主轧机传动系统上,可以根据需求灵活增添功能配置。通过介绍该生产线工艺流程,突出S120传动控制系统的优势。此外,针对S120控制系统设计和应用,尤其是负荷平衡控制、SINAMICS Link通讯、安全转矩关断等特殊应用的实现进行了详细的阐述。

关键词:薄带铸轧;S120传动;负荷平衡;SINAMICS Link通讯

中图分类号:TM921 **文献标识码:**B **DOI:**10.19457/j.1001-2095.dqed21511

Application of S120 in Control System of Thin Strip Casting Rolling Mill

DONG Yunpeng, JI Baowei, SUI Dawei, XU Yansong, MA Jie

(Tianjin Research Institute of Electric Science Co., Ltd., Tianjin 300180, China)

Abstract: It is a popular trend of steel industry that the strip casting and rolling production line has compact equipment and low consumption and high efficiency. SINAMICS S120 control system is applied to the electric drive system of the main rolling mill of the thin strip casting and rolling, which can add function configuration flexibly according to the requirements. By introduced the process flow of the production line, the advantages of S120 control system were highlighted. Moreover, the design and application of S120 control system, especially the realization of special applications such as load balance control, SINAMICS LINK communication and safe torque turn-off, were described in detail.

Key words: thin strip casting and rolling; S120 drive; load balance control; SINAMICS link communication

薄带铸轧技术是当今钢铁工业最具发展潜力的一项冶金前沿新技术,也是一种短流程、低能耗、低投资、低成本和绿色环保的新工艺。冶金生产工艺短流程是相对于传统的钢铁生产工艺而言的,在技术上突出的特点是缩短加工周期和后续加工环节,由金属熔体直接得到所需的制品。它打破了传统带钢生产工艺模式,直接将钢水浇筑成薄带钢,实现铸轧一体化,使钢铁生产流程更紧凑连续、高效环保。

SINAMICS是西门子公司推出的全新模块化的驱动器控制系列,应用于工业领域的机械设备生产和工厂设备。其中,SINAMICS S120以其良好的控制精度和优异的动态特性,广泛应用于各个工业领域中要求苛刻的驱动场合。本文以某短流程薄带铸轧项目生产线主轧机为例,来介绍其控制和应用。

1 工艺流程及设备简介

经炼钢后的原料首先进入铸轧区,在铸轧区冷凝固成带状经运送辊道进入主轧机,主轧机按照成品规格进行轧制,轧制后带钢经过冷却进入卷取机卷取成型,然后打捆运送至成品区。其主要工艺流程和设备组成如图1所示。

1.1 铸轧区

铸轧区包含主要设备有:大包回转台、中间包及双辊铸机等。

大包回转台的主要作用是实现多炉连续生产提供钢水,当一包钢水浇完时,通过快速旋转把另一包钢水送到中间包上方;中间包的主要作用是在更换大包时为机组提供连续的钢水。

双辊铸机是由一对反向旋转、中间通水冷却的铸辊(结晶辊)和两侧的侧封板组成,结晶辊是

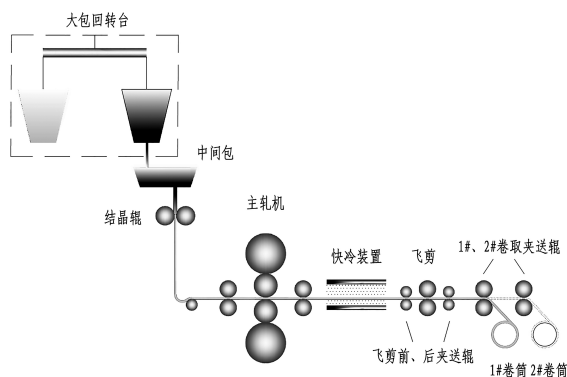


图1 生产线工艺布置简图

Fig.1 Process layout of production line

薄带铸轧特有的设备,是薄带铸轧的核心。钢水从中间包的水口流出,通过分配器和布流器,均匀地洒落到由一对结晶辊和一对侧封板组成的熔池里,然后旋转的结晶辊使钢水快速凝固成带,随后送到轧机。

1.2 轧机区

该区域主要由1台四辊轧机、1套快冷装置以及飞剪组成。其中四辊轧机为主轧机,其机座由4个位于同一垂直平面内的水平轧辊组成,轧制是在两个工作辊中间进行。轧机配有多功能仪表,配合AGC系统能使板带的纵向厚度偏差处于可控状态,实现厚度自动控制。快速冷却装置位于主轧机后,用以实现带钢的快速、均匀冷却,并进行卷取温度控制。轧制后的带钢经过快冷装置进入飞剪,飞剪是连续带钢生产线的常规设备,起到头尾剪切和分卷的作用。

除此以外还有4台夹送辊,分别位于轧机前、后,各1台;飞剪前、后,各1台。其作用一方面为引导带钢进入轧制线并向后运输,另一方面,更重要的是起到带钢纠偏和建张的作用。

1.3 卷取及运输区

卷取机是带钢生产线重要的辅助设备,具有生产效率高、卷取速度快而钢卷密实等特点^[1]。

此区域主要包含2台地下式卷取机和1套钢卷运输设备。2台卷取机交替使用,其主要作用有两点:控制轧机出口张力和将带钢卷取成卷。运输区的作用是将打捆完成的钢卷运送至卸卷区域,以便贮存和运输。

2 主轧机电气控制系统

2.1 电机数据

主轧机电机为鼠笼型三相异步电动机,采用

双绕组接线形式。详细电机数据为:功率2 000 kW,转速(基速/高速)500/1 000 r/min,频率(基速/高速)25.25/50.8 Hz,电压660 V,电流 $2 \times 1\,052$ A,功率因数(基速/高速)0.86/0.9,6极电机。

电机运行工况为S9工作制,对电机过载能力要求为:基速以下1.15倍额定连续负载,180 s过载1.5倍额定负载,60 s过载1.75倍额定负载,20 s过载2倍额定负载,2.25倍额定负载时切断;高速过载:1.5倍额定负载运行60 s。

2.2 传动系统的配置

传动系统选用西门子公司 SINAMICS S120 系列全数字电压型逆变器加由整流/回馈单元构成公共直流母线供电方式。

该台电机作为轧制生产线主轧机电机,有着冲击型负荷的特点,其空载运行时电流很小,在其运行周期或非周期内会突增负荷,电机会以过载状态运行。针对此负载类型电机,在进行装置选型时,需按重载曲线进行选型。

2.2.1 逆变装置

铸轧主电机为双绕组电机,为满足电机的过载使用要求,采用两台西门子800 kW 装机装柜型电机模块并联为每个绕组提供驱动,即4台装置两两并联共同驱动1台电机。电机模块额定功率为800 kW,额定电流810 A,以300 s的负载循环时间作基准,装置具有150%过载60 s或160%过载10 s的能力。在此高过载工况下,装置过载前后的基本负载电流 I_n 为724 A,会低于额定电流。电机模块并联使用需考虑5%的降容^[2]。装置容量的效验结果如表1所示。

表1 装置容量效验

	Tab.1 Device capacity validation					A
	额定 电流	长期 过载	60 s过载 (低速)	60 s过载 (高速)	10 s 过载	
电机数据	2 104	2 420	3 682	3 156	4 208	
并联装置参数	3 078	2 751	4 127	4 127	4 402	

西门子 SINAMICS S120 系列变频装置的并联使用,具有结构简单、调试方便等特点,且无需均流互感器等设备,有利于节省成本。

2.2.2 整流回馈装置

主轧机的上、下辊电机采用各自独立的公共直流母线形成独立的控制系统。每台电机选用2台1 400 kW 整流/回馈单元并联为逆变器供电,供电部分通过二极管整流桥进行,电能回馈则通过IGBT进行,再生回馈持续效率可达到100%。

在一个电源周期中每个IGBT只导通和关断一次,在三相桥式整流的自然换流点(导通延迟角 $\alpha=0^\circ$ 处)开始导通,持续 120° 后关断,在电网故障或进线电压降低过多时,立即关断所有IGBT,二极管桥阻止逆变电流通过,从而避免逆变颠覆的发生^[3]。

该非调节型电源模块在未接地电网(IT电网)上运行时,应拆下抗干扰电容连接片,否则当系统发生单相接地故障时,抗干扰电容会因承受

过电压而发生损坏,也容易扩大事故范围。

2.2.3 控制单元配置

控制单元采用CU320-2 DP以实现高精度矢量控制。轧机上、下辊电机各配有一台CU320,定义上辊电机为1#CU控制,下辊电机为2#CU控制,为了实现上、下辊控制器之间的高速通讯,每台CU320安装了一块CBE20选件板,借助CBE20接口模块,CU320-2可以接入PROFINET。

系统单线图如图2所示。

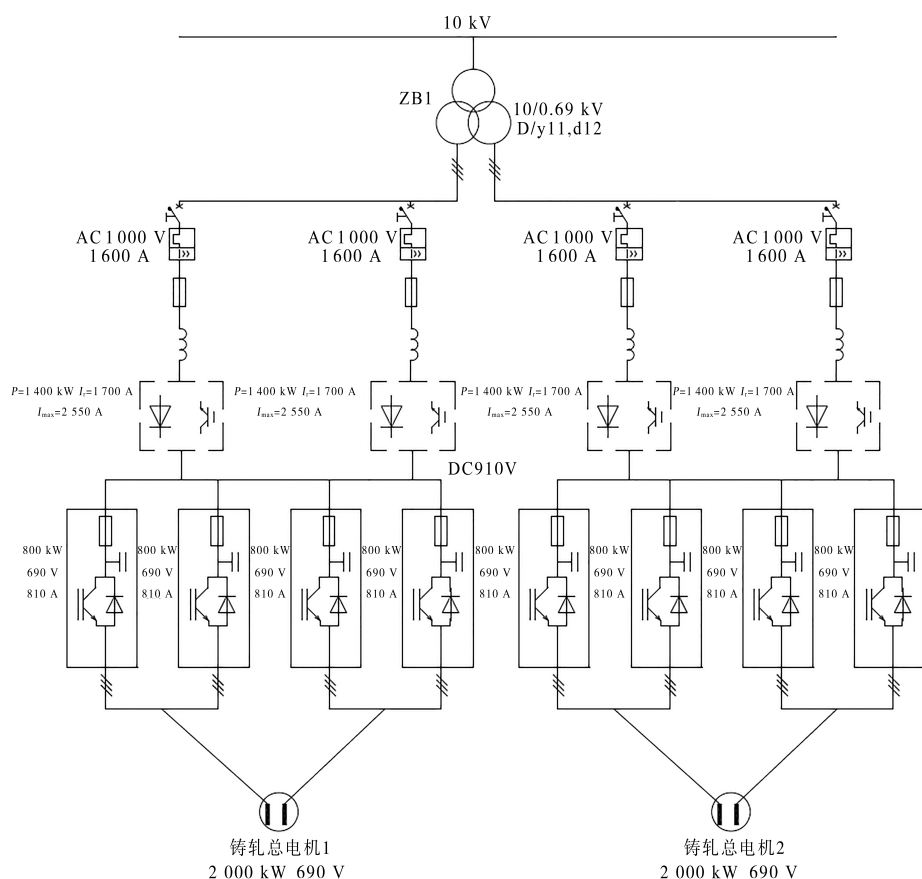


图2 系统单线图

Fig.2 System single line diagram

2.3 系统功能

2.3.1 SINAMICS Link 通讯

通过安装CBE 20选件板,CU320控制器之间可以进行SINAMICS Link通讯,完成控制单元之间的直接数据交换。数据发送及接受节点包括带有CU的驱动单元及连接的驱动对象,其报文为16个固定的过程数据空间(PZD),每个PZD为1个字节长度。

轧机上、下辊控制器之间通讯的主要目的有两点:1)将上辊转矩数据传输给下辊,完成负荷

平衡的功能;2)采集上辊装置状态传输给下辊作故障连锁使用。通讯接口设为Interface 2,Interface 1用作与上级自动化的DP通讯使用。SINAMICS Link通讯配置如图3所示。

图3中,Drive 1为上辊电机模块,Drive 2为下辊电机模块。Drive 2通过PZD 1接受Drive 1的转矩实际值(r80.1)并将其放入通道1(P8870.0)的缓存区内(r8850.0),再通过参数P22003将此缓存区数据连入CFC程序中参与计算。Drive 1通过PZD 1接受来自Drive 2的调节系数

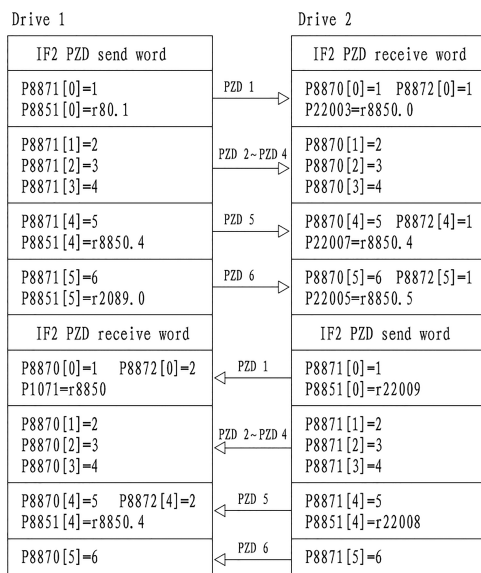


图3 SIMANICS Link 通讯

Fig.3 SINAMICS Link communication

(r22009)并将其放入通道一的缓存中(r8850.0),以附加速度给定(P1071)的方式接入速度调节器。PZD 5用作通讯故障的判断,Drive 2程序会不间断地产生跳变脉冲(r22008),Drive 1通过PZD 5接入通信缓存(r8850.4)并通过参数P8851[4]发送回Drive 2,在Drive 2中通过参数P22007连入CFC程序,在程序中通过比较收、发位状态可以判断通讯是否正常。Drive 1的故障信号是通过PZD 6发送至Drive 2的,Drive 2通过参数P22005将Drive 1的故障位采集至CFC程序中,此故障位会和Drive 2故障以及通讯故障等信号一起成为综合故障信号。

2.3.2 负荷平衡

负荷平衡功能是由下辊完成,程序通过SINAMICS Link 通讯采集上辊数据完成计算,再通过通讯将附加设定值传回上辊,通过微小改变电机转速实现负荷平衡功能。负荷平衡调节器由两部分组成,即负荷平衡调节器和上、下辊附加速度设定计算。

负荷平衡调节器的原理是分别取上辊及下辊电机的转矩实际值,取绝对值后计算偏差,当偏差超过阈值时,负荷平衡调节器输出产生附加转速设定,通过修改两个系统的速度给定平衡两台电机的转矩。负荷平衡调节器的设置为比例积分(PI)调节器,但由于负荷平衡调节器不能太快或出现震荡^[4],故采用 K_p (比例)小、 T_n 长的调节器设置。控制框图如图4所示。

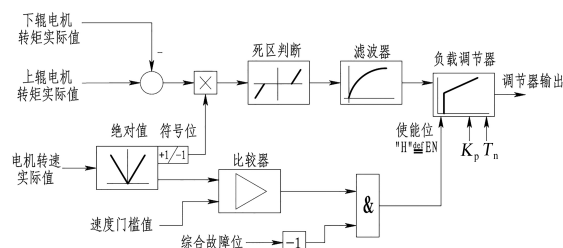


图4 负荷平衡调节器控制框图

Fig.4 Control block diagram of load balance regulator

附加速度的设定计算是取负载调节器的输出,通过与“1”的运算产生一个绝对值小于1的系数,此系数与速度给定值的乘积将作为新的给定值进入速度给定通道,使负载大的系统速度降低,减少其实际负载。为了避免因为速度波动过大而对轧制造成影响,需将负荷平衡调节器的出值限制在0~5%,速度调节给定调节介于100%~95%之间。附加速度设定如图5所示,负荷平衡投入后转矩波形如图6所示。

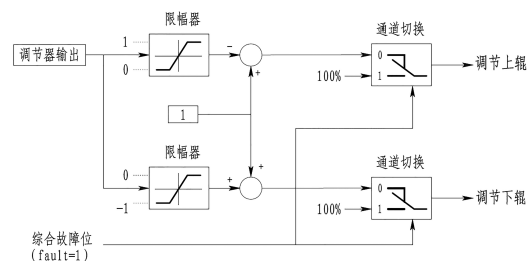


图5 附加速度设定

Fig.5 Additional speed setting

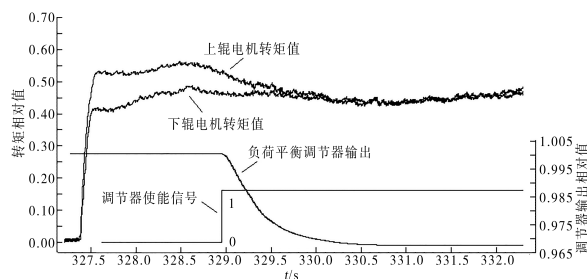


图6 负荷平衡投入后转矩波形

Fig.6 Torque waveforms with load balance

从图6可以看出,在投入负荷平衡功能前,由于表面温差等原因,上、下辊电机转矩差别较大,在负荷平衡功能投入后,随着调节器输出的增大,上、下辊电机转矩趋于一致,负荷平衡功能效果明显。

2.3.3 安全停车功能

现场设备在运行期间出现问题时,需要既快速又安全的停车方式。SINAMICS S120提供了“Safe Torque Off”(STO)功能,可以和设备一起协

同工作,在故障情况下安全封锁电机的转矩输出。在选择“Safe Stop 1”后驱动将沿着 OFF3 斜坡(p1135)制动,并在 p9652/p9852 中设置的延迟时间届满后,进入“Safe Torque Off”(STO)状态,其工作原理示意图如图 7 所示。

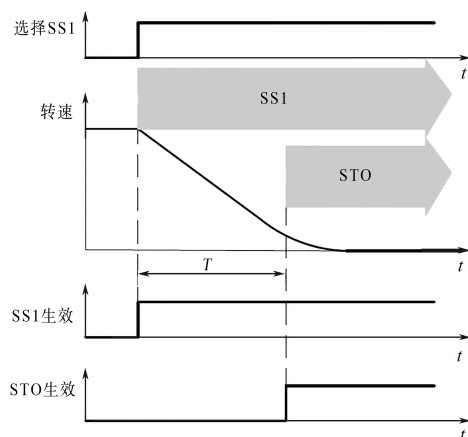


图 7 STO 功能示意图

Fig.7 STO function diagram

在使用 STO 功能时应确保装置在达到电流极限时不会做出响应,以免装置提前进入脉冲封锁状态而失去安全停车功能。

3 结论

本文以 S120 在薄带铸轧主轧机电控系统应用为例进行分析,充分体现出 SINAMICS S120 系列变频器配置灵活、扩展能力丰富的特点。该控制系统自投入以来一直稳定运行,极大地降低了设备维护成本,提高了企业连续生产时间,成功完成生产线设计的产量和质量的任务要求,达到预期的控制效果。

参考文献

- [1] 赵元国.轧钢生产机械设备操作与自动化控制技术实用手册[M].北京:中国科技文化出版社,2005.
- [2] SINAMICS S120 装机装柜型功率部件设备手册[S].北京:西门子(中国)有限公司,2008.
- [3] 马小亮.交-直-交变频器的 IGBT(IGCT)整流/回馈电源[J].电气传动,2012,42(10):3-8.
- [4] 天津电气传动设计研究所.电气传动自动化技术手册[M].第 3 版.北京:机械工业出版社,2011.

收稿日期:2020-02-25

修改稿日期:2020-03-21