

# 西门子SM150 中压变频装置在安钢冷轧二十辊轧机中的应用

纪云龙 程亮 胡聪 韩立宁  
安阳钢铁集团有限公司 河南 安阳 455000

**摘要:** 本文主要研究西门子中压变频装置SINAMICS SM150在安钢冷轧二十辊轧机系统的应用。首先介绍了研究背景和目的,明确研究对象和范围,然后重点详细介绍了西门子中压传动系统SM150的装置硬件构成,基本原理,工作方式和各项功能,在安钢冷轧二十辊可逆轧机系统中的控制运用。

**关键词:** SM150; 中压传动; 冷轧; 二十辊可逆轧机

## 引言

### ① 研究背景和目的

SINAMICS SM150是西门子子公司开发的一种中压传动系统,应用非常广泛。在安钢冷轧目前是第一次使用。安钢冷轧建成投产的二十辊可逆轧机主要用于生产薄规格硅钢产品,产线投产一年多以来,生产趋于稳定,SM150在生产过程中稳定运行,为了以后更好的维护装置运行优良状态,对SM150系统进行深入研究,掌握其构成、原理以及控制等很有必要。

### ② 研究对象和范围

本文研究对象为西门子SINAMICS SM150中压传动系统的硬件构成,基本原理,工作方式,系统技术要点,以及在安钢冷轧二十辊轧机生产过程中的使用情况。从目前的使用情况来看,SM150系统在速度精度控制,速度响应以及低频区域频繁正反转等各项性能上均实现了精确控制,达到了很好的效果。

## 1 SINAMICS SM150 中压传动装置的系统构成

SINAMICS SM150中压传动装置主要由硬件结构相同的整流、逆变功率单元组成电气主回路,以及辅助水冷单元、控制单元、预充电系统、传感器模块等组成。

### 1.1 SINAMICS SM150中压传动装置电气主回路基本组成。

SM150中压变频器的主回路的基本配置是可调型电源模块(整流单元),直流母线和电机模块(逆变器)。SM150是带有源前端、可以四象限运行的高性能变频器,用的是中点钳位的三电平设计结构。

SINAMICS SM150系列中压变频器整流和逆变的功率元件采用相同的设计,硬件结构完全一致。SM150的整流、逆变单元均由三个相模块构成,每个相模块主要由四个IGCT(集成门极换流晶闸管)器件组成,分布在水冷散

热器之间,便于双面冷却。此外,每个相位模块上还有四个自振荡二极管、两个中心二极管和两个钳制回路。直流母线电容器组通过多层汇流排与各相位模块相连。

### 1.2 控制组件

控制组件有控制单元和功率栈适配器(PSA)。其中,控制单元分为SINAMICS驱动控制单元和SIMOTION运动控制单元两种。所用控制装置型号分别为CU320-2和D445-2。前者是控制变频器驱动的控制单元,后者负责上位控制系统、监控以及变频器运动工艺控制,实现更复杂的运动控制。

PSA功率栈适配模块为功率单元与开环/闭环控制控制之间建立物理接口,此时形成功率单元与控制系统之间的电气隔离(光电耦合),通过DRIVE-CLIQ快速串行通讯接口进行PSA与控制单元之间的数据交换。

### 1.3 预充电系统

为了避免接入电网电压时在直流母线内产生过电流和暂时性过电压,需要对直流母线电容器进行预充电,直流母线通过辅助电源预充电。预充电时间为25S,预充电电压400V,电流20A。预充电系统由预充电回路,二极管桥,预充电电阻,已经旁路接触器等组成。在整流合闸前先进行预充电,当直流母线电压升压到额定值后,整流进线高压开关柜才会合闸,从而避免了过电流的冲击。

### 1.4 水冷单元

水冷单元主要由内水热交换装置、去离子装置、泵系统和外部冷却水等构成。其中内水必须使用去离子水,运行中的冷却水导电值 $\leq 1\mu\text{s}/\text{cm}$ ,以此保证整个装置的对地绝缘,否则对地绝缘检测检测仪会报警,影响装置正常运行。

### 1.5 传感器接口模块SMC30

转速编码器模块SMC30可处理电机编码器信号,并

通过通信接口DRIVE-CLiQ向控制单元发送转速实际值<sup>[1]</sup>。

## 2 SIMANICS SM150 基本原理、工作方式及功能

### 2.1 SIMANICS SM150基本原理

SM150中压变频器是一种交直交三电平矢量控制变频装置,可以实现电机的无级调速和运行状态的监测。整流单元采用PWM调制整流技术,可以实现四象限运行,能量双向流动,将进线恒频恒压交流电源电压变为直流电压,并进行滤波处理,供电给直流母线,直流母线可以对电压进行平整,并存储能量。逆变部分采用磁场定向的矢量控制技术,把定子电流中的励磁电流分量和转矩电流分量解耦开来,将直流母线电压转换为交流电压,对电动机进行控制。控制部分则对逆变输出的电压、频率、转矩进行控制,以实现电机的无级调速。

### 2.2 SM150的主要功能

可靠的多项安全功能:短路和接地故障监视;过电流、过电压和欠电压监视;电网电压故障监视;过热监视;超速保护、堵转保护;冷却回路监视;控制与整流柜的自诊断。

对于感应电动机的控制性能,进行带转速编码器的矢量控制,最大输出频率为250hz,弱磁调速范围为1:3,速度控制精度为 $\pm 0.01\%$ ,力矩控制精度为 $\pm 2\%$ ,动态响应时间为5ms。转矩脉动小,效率高,高达99%。

传动控制功能。主要包括矢量控制、速度控制、同步电机励磁控制、传动顺序控制、动态速降补偿、负荷平衡控制、轴定位控制、变压器运行监视、基于数学模型的电机转子温度监视、参数化的系统配置、系统诊断功能、波形监视功能、辅助系统(进线断路器、电机的空间加热器、电机冷却、电机润滑、轴瓦温度等)控制功能、与自动化系统的接口等。

另外,SM150的变换效率为0.99,具有可调的功率因数,功率因数可达到0.99,可连续设置。功率单元功率器件IGCT的开关频率为200hz,功耗小<sup>[2]</sup>。

## 3 SM150 中压变频在安钢冷轧二十辊轧机的控制应用

### 3.1 安钢冷轧二十辊轧机简述

安钢冷轧二十辊轧机是中冶南方设计的单机架可逆轧机,主要生产薄规格硅钢产品。轧机机架内共由二十根棍子,分为上下两组,每组由四根支撑棍,三根二中间棍,两根一中间棍,一根工作棍组成。轧机的主电机带动一中间棍转动,靠液压压上和压下系统将传动能量传递给工作棍进行工作。机架外有左右卷取机,导向棍、板型棍等设备。根据工艺要求,设定好轧制规程,主要靠左右卷取机和主轧机以及液压系统对带钢进行可

逆轧制。如图1所示

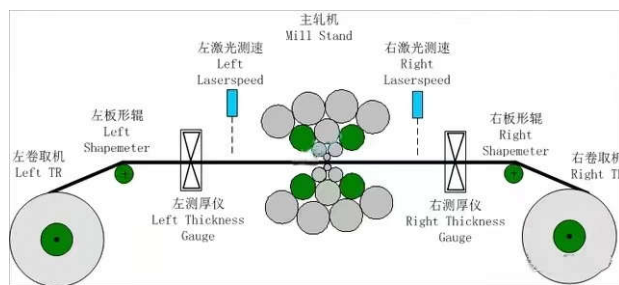


图1

### 3.2 SM150在二十辊轧机中的作用及控制应用

安钢冷轧的二十辊轧机系统中,主轧机传动以及左卷取机、右卷取机传动由SM150中压变频装置进行控制拖动。

安钢SM150系统由一个整流柜、三个逆变柜、一个水冷柜组成。水冷柜为SM150提供冷却降温。整流柜额定功率10116.9KW,进线电压10KV,直流母线额定电压3300V,对直流母线电压设定145.45%,升高到4800V,逆变柜装置额定功率10002.6KW,将4800V直流母线直流电逆变成交流电供给电机。

SM150中压变频系统选择的有源整流单元非常适合二十辊轧机的生产运行,频繁启动、制动和加减速,传动系统经常会进入能量回馈模式,有源整流满足再生回馈的四象限运行的要求,通过快速矢量控制与经过优化的选通技术相结合,确保得到几乎是正弦波的输入电流。二十辊轧机两个卷取机,一个主轧机,共三台中压电机,为三台逆变器提供馈电的直流母排的使用,使电机传动和再生传动之间交换电能,制动时候能量的回馈,节约了大量电能。

控制系统使用CU320以及D445控制器,使得SM150变频器有灵活的参数编程方案,采用带编码器的闭环矢量控制,获得优良的高低速静态和动态性能,大转矩过载能力,使得二十辊轧机在张力控制和速度控制方面,精度高,响应快,硅钢轧制生产平稳稳定。

### 3.3 安钢冷轧SM150对电机的控制方式简述

对电机来说,控制电机的转速和转矩是控制电机的运行状态的关键。

转速和转矩是根据工艺生产需求,由生产人员进行调节设定,比如升温轧制或者降温轧制,或者带钢不同道次,不同厚度,张力设定也不相同。PLC内速度模型和张力模型收到不同的设定需求后,经过计算,将转速设定和转矩设定传送给SM150装置控制器,由SM150装置驱动电机以此满足工艺生产人员的需要。

利用速度转矩双闭环控制原理,二十辊轧机的左右卷

取机采取了速度偏差, 转矩限幅的方式, 通过设置参数限制转矩内环限幅, 从而使得速度外环实际值永远不会达到设定值, 使得速度环饱和, 以此得到稳定转矩和张力。

当带钢从右卷取向左卷取进行正向轧制时候, 此时左卷取装置接收到PLC的给定速度大于实际速度10%, 产生一个速度偏差, 从而给定转矩环一个更大的转矩给定; 但是同时, 通过PLC带钢张力模型计算后发给右卷取传动装置一个转矩上限幅, 从而使得实际传动装置的输出转矩稳定在转矩上限幅, 速度环饱和。右卷取的情况恰恰相反, 接收到比实际速度小10%的速度给定, 同时, 接收到一个转矩下限幅, 使得实际转矩稳定在下限幅,

速度环同样饱和。

二十辊轧机的轧机主传动装置采用纯速度控制, 只是为了保护电机和装置做了基本的限幅保护。速度环和转矩环并没有增加其他限幅, 使得主轧机可以根据速度设定进行自由调节, 实现了轧机主传动的动态响应<sup>[3]</sup>。

### 3.4 安钢冷轧二十辊轧机所用SM150中压传动装置控制主轧机传动性能 测试结果

主传动静态速度控制精度 $\leq \pm 0.01\%$ , 转矩控制精度为 $\pm 1.81\%$ ,

(1) 动态速度阶跃响应迅速, 响应时间34ms, 测试曲线如图2所示

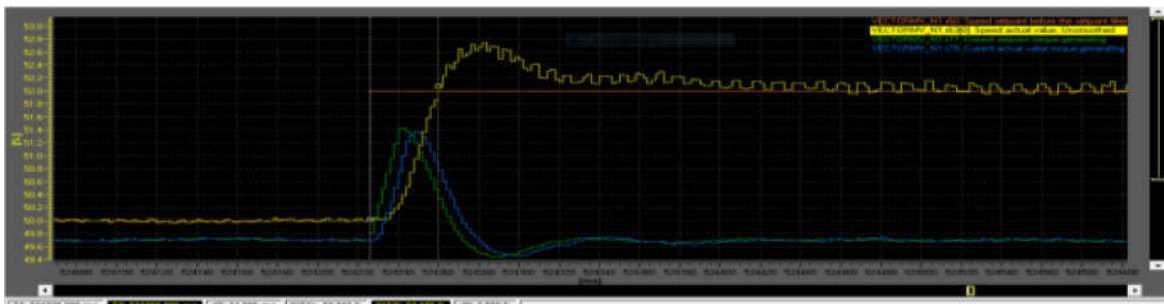


图2

(2) 主轧机转矩电流控制阶跃响应时间为4.047ms, 测试曲线如图3所示

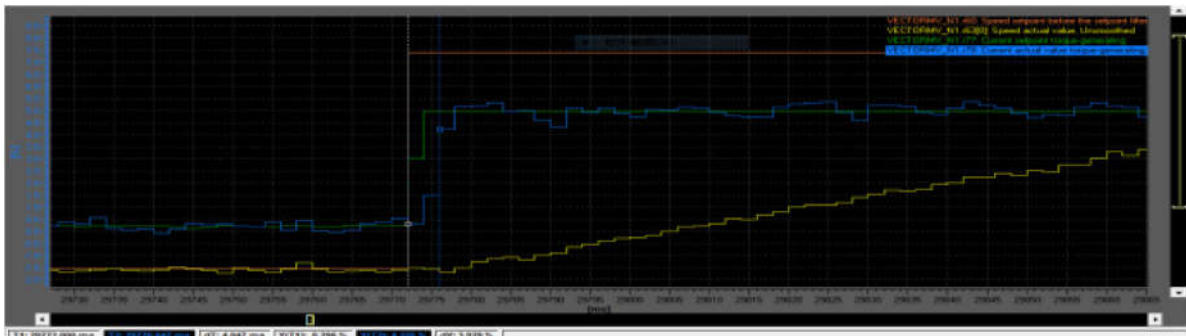


图3

### 结束语

西门子SINAMICS SM150中压传动装置系统作为安钢冷轧二十辊轧机的电机拖动来源, 其稳定性和可靠性对生产效率和质量有着重要的影响。即使SM150中压传动装置非常稳定与可靠, 但是掌握其构成与原理对日常电气设备管理人员来说是非常必要的。通过本文的概述与分析, 可以帮助人们更好的理解SM150中压传动系统的基本构成、工作原理以及控制等, 便于人们对SM150系统进行日常维护、保养工作, 使其能够长期稳定运行

在优良状态。

### 参考文献

- [1]郭世民, 刘凯, 任红岩. 西门子SM150中压变频传动系统的研究[J]. 工业控制计算机, 2019, 32(3): 81-85.
- [2]朱庆. 西门子变频器中高端S150在轧机控制系统中的应用[J]. 北京机电工程研究所学报, 2016, 31(2): 23-26.
- [3]邵洁, 王莉莉. SM150中压变频器在轧机控制中的应用[J]. 电器传动, 2018, 34(6): 48-50.