包钢轨梁厂H型钢线粗轧机电控系统[*1]

周 双,樊永光

(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: 文章主要叙述包钢轨梁厂大H型钢生产的线粗轧机主传动电控系统的结构及特性。系统采用西门子公司SIMADYN D全数字矢量控制系统进行控制;通过Profibus_DP网络实现信号采集,以及和一级自动化系统间进行数据交换,系统能够适应频繁可逆、大冲击负荷、高过载能力的轧钢工况需求。

关键词: 同步电机;交-交变频;矢量控制

中图分类号: TG334.9 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)02-0085-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.02.023

Electric Control System of Roughing Mill in H-beam Line for Rail and Beam Plant of Baotou Steel

ZHOU Shuang, FAN Yong-guang

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

Abstract: In the paper, it is mainly described the structure and characteristics of the main drive electric control system of roughing mill in large H-beam production line for Rail and Beam Plant of Baotou Steel. The system adopts SIMADYN D full digital vector control system of Siemens to control; through Profibus_DP network to achieve signal acquisition and data exchange with one level automation system, the system can adapt to the demand of rolling conditions being frequent reversible, heavy impact load and high overload capacity.

Key words: synchronous motor; AC-AC frequency conversion; vector control

包钢轨梁厂大H型钢生产线粗轧机主传动电动机为双绕组变频调速同步电动机,控制系统采用全数字矢量控制交-交变频调速系统。交-交变频功率装置为三相无环流式晶闸管变流装置,主回路为Y形连接的交流偏置式结构,选用西门子公司SIMADYN D全数字矢量控制数字控制系统。系统具有控制精度高、响应速度快、可靠性强及易于维护等优点。电控系统主要包括三裂解三相整流变压器、可控硅功率单元、SIMADYN D主控单元、励磁单元、S7-300PLC信号采集系统等。

1 主回路控制系统

1.1 定子三相功率单元

电动机三相定子绕组接法为双Y形两套绕组。两组绕组共有六套整流单元,每套整流单元的主回路为三相全控可逆整流桥。每三套整流单元的正向输出母线接到电机其中的一套三相定子绕组上,负向输出母线短接在一起,构成Y形三相交-交变频变流器。由于两套绕组的两台供电变压器相位互差30°,可以对电源侧构成等效的12脉波整流,减少电

* 收稿日期:2018-02-05

作者简介:周 双(1969-),男,内蒙古赤峰市人,高级工程师,现任包钢轨梁轧钢厂设备厂长。

源侧谐波,同时可以减小电机的转矩脉动。

由于电动机三相定子Y型绕组的中点与三相变流器输出的Y型中点是断开的,构成了交流偏置,使得装置输出相电压为梯形波,而线电压仍为正弦波。因此相电压输出峰值可以降低约15%,使整流变压器二次电压降低,可以降低变压器容量。

对于晶闸管触发脉冲,在交流偏置下,要求三相交-交变频变流装置任何时候至少有两相的相反工作组的四个晶闸管同时导通。为此,晶闸管的触发脉冲必须采用大于30°和小于60°的宽脉冲。本系统触发脉冲采用宽度为36°的脉冲列,触发脉冲通过12对绞屏蔽电缆连接到变流装置,分配后经隔离放大连接到晶闸管触发极。

1.2 零电流检测系统

晶闸管变流柜的主回路采用三相全控桥式电路,采用有切换准备逻辑无环流电流切换方式。由于实际电流切换存在"死时",交-交变频器输出的电流和从电网输入的电流就不是完全准确的正弦波,电流切换的"死时"是造成谐波的重要因素之一;此外,如果电流切换"死时"长,产生的谐波大,还会造成变流装置输出能力下降,损耗增加[1]。因此必须在保证电流安全换向前提下、将无环流切换的"死时"控制在尽可能小的范围内。一般交-交变频系统逻辑无环流电流切换"死时"必须控制在2 ms以内。

逻辑无环流控制主要通过检测电流给定的极性是否改变、以及实际电流是否为零两个条件来判断是否切换变流装置触发脉冲,其中电流给定极性的判断在数字控制系统软件中进行,而实际电流是否为零则需要用专用零电流检测装置进行检测。零电流检测装置的原理是根据晶闸管导通时管压降(仅2 V左右)相对主回路进线电压基本为零,当三相桥每个桥臂的电压均大于管压降时,即确定主回路电流为零。本系统方案采用检测桥臂管压降的方法检测零电流,比采用普通门坎检测的方法要准确、迅速,是保证无环流切换"死时"控制在2 ms内的最重要手段。

1.3 主回路检测与保护

电流检测,由于交-交变频系统实际电流中存在一定的直流分量,为了防止电流互感器磁路饱和,电流检测采用专用电流互感器,可以保证在主回路交流进线回路中有一定直流分量情况下,互感器磁路不饱和。检测精度达到0.5%。

电压检测,每相变流装置配置一台LEM公司霍尔电压传感器,检测定子实际电压。检测精度达到0.1%。

晶闸管导通检测,晶闸管变流装置均采用导通监视单元,监测每个桥臂因快熔熔断、缺脉冲、误触发等原因引起的缺臂故障。一旦发现桥臂故障,可以及时发出报警信号,进行系统联锁控制。导通监视单元具有记忆功能,可准确报告故障的桥臂,便于系统维护。

过压保护,主回路过电压吸收回路采用高容量压敏电阻。每套变流装置,由一套三相桥式过电压吸收回路进行保护,相当于每个晶闸管桥臂并联一个高容量压敏电阻。

1.4 励磁回路

励磁回路采用晶闸管三相全控单向整流桥,整流桥的输出直接接到电动机励磁绕组。励磁系统配置一个LEM公司霍尔电压传感器,检测转子实际电压。配置两个交流电流互感器检测励磁实际电流。为有效防止故障时转子感应过电压损坏变流器晶闸管,除了配置一套桥式高容量压敏电阻过电压吸收回路外,另配置一套快速过压保护装置。

2 数字控制系统简介

数字控制系统采用西门子公司的SIMADYN D原装数字控制装置,编程器采用UNIX操作系统,采用STRUC G图形化编程软件。该系统采用图形化自由编程、模块化自由配置、多处理器并行工作的实时处理通用数字控制系统,适用于高技术性能要求的大功率闭环电气传动控制,满足各种复杂的和精确的控制要求,运行稳定可靠,性能优越。

2.1 数字控制系统硬件组成及实现的主要功能

系统硬件设备主要由主机箱和辅助机箱以及接口端子板等组成。主机箱主要由通用微处理器单元、专用微处理器单元及各种辅助单元、接口单元、通讯单元及电源等组成。接口端子板主要用于直接连接模拟量和开关量I/O,以及连接码盘信号等。

5个系统处理器单元采用32位处理器:①PM6处理器主要完成系统起停的速度逻辑控制、速度调节、包括工艺控制等任务。速度调节包括速度的比例积分调节、给定加速度控制、扭振滤波、负荷观测器等。②PM6处理器主要完成矢量控制、磁通控制等任务。包括采用电压模型和电流模型计算磁通矢量的磁通定向控制、励磁电流给定计算、磁通闭环、

弱磁电压闭环、电势闭环控制、三相交流电流给定计算、电压前馈控制、以及矢量闭环的逻辑控制等。③④EP22 处理器为三相变流器控制专用处理器，主要完成三相交流电流控制，包括交流电流调节、电压前馈调节、断续补偿、换向逻辑控制、触发脉冲控制等。⑤PM6 处理器完成励磁电流控制、故障综合处理、主回路合分闸逻辑控制、操作面板 OP 控制、通讯等任务，SIMADYN D 数字系统配置如图 1 所示。

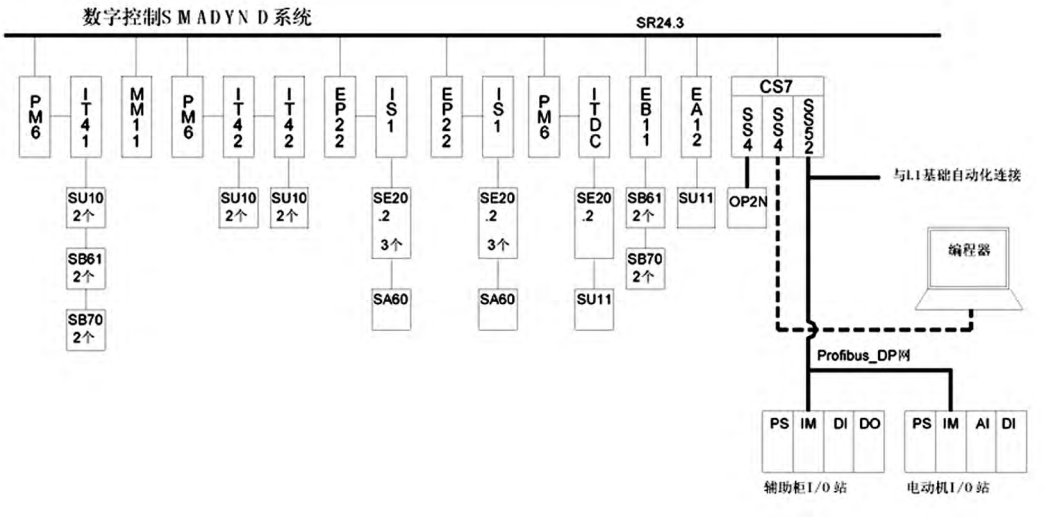


图 1　数字控制系统配置图

2.2　矢量控制功能

矢量控制采用以电动机磁场定向的控制方法，通过编码器采集电动机实际速度和转子位置、以及通过传感器采集定子实际电压和电流信号，经软件中电机的电压模型和电流模型计算出磁通矢量，以该矢量的方向作为电流励磁分量的方向，以该矢量逆时针旋转 90°的方向作为电流力矩分量的方向。通过采用磁通矢量定向控制，使定子电流可以按照励磁和力矩分量分别控制，达到与直流电动机调速系统相同的静态、动态品质。控制系统具有很高的动态响应和相当高的过载能力。

同步电机矢量控制的基本概念为，通过坐标旋转变换，把坐标参照系放在旋转的转子上，站在转子上来看电机的磁势，同步机与直流机基本相同。由于电枢反应作用，气隙磁通 ψ_δ 与转子激磁磁通 ψ_f 存在一个夹角 δ，即负载角。把气隙磁通 ψ_δ 的轴线作为磁场定向 M 轴线，与 M 轴线正交的 T 轴是转矩轴。把定子交流电流矢量 I_s 沿 M、T 轴分解为磁场电流 I_m 和转矩电流 I_t。隙磁通和转矩电流的乘积与转矩成正比，且隙气磁通 ψ_δ 与转矩电流 I_t 正交，且可以分别进行控制，能够实现控制转矩的目的。交流同步机的磁通 ψ 由磁场电流 I_m 和转子激磁电流提供。采用以磁通定向的矢量控制，可以满足粗轧机基速以下恒转矩、基速以上恒功率的调速要求[2]。

2.3　扭振抑制功能

粗轧机传动轴系是一种弹性和惯性系统，在咬钢、负荷突变、或负荷周期性变化时，相当于在轴上加了一个阶跃力矩，轴系会产生一个交变力矩，叠加在正常轧制力矩上，就会出现扭矩振荡。采用负荷观测器可减小机电系统扭矩振荡的幅值。

一旦该交变力矩的频率与轴系固有谐振频率接近或相等时，就会引起轴系低频共振。共振对轧辊、传动轴系和电动机的破坏是由其产生的异常力矩引起的。这种共振产生的异常力矩可能超过系统正常力矩，并可能造成轴系机械或电动机的损坏。

在速度控制软件中配有速度实际值有源滤波环节，采用陷波滤波原理，通过设置陷波频率及阻尼系数，可以滤除在速度实际值中的低频谐振信号，因而能防止电动机轴系产生共振[3]。该环节为西门子公司随交－交变频系统软件提供的专用功能块。

2.4　速差限制环节

速差限制环节主要是避免高速轧制时电流达到限幅、实际速度低于给定速度情况下，抛钢产生的定子过电压和超速。当速差超过设定的门坎时，速差

限制环节输出使给定速度下降到与实际速度相匹配的值,使速度调节器能较快退出饱和状态。

3 数字控制系统通讯

SIMADYN D 数字控制器提供多种通讯方式,系统是通过 Profibus_DP 网实现与一级自动化系统进行数据交换,和外部站点、OP 面板、辅助系统的通讯也采用 Profibus_DP 通讯方式。

SIMADYN D 主机箱通过 SS52 模块的通讯接口连接 S7 – 300PLC 远程 I/O 站,采集电动机、变压器和高压开关、其它外部设备数据。辅助控制系统采用 S7 – 300 PLC 站,分别完成系统内/外控操作、励磁开关联锁、高压开关操作联锁、主开关联锁、报警及故障显示、轴承润滑、机械联锁等功能。通过 SS4 模块实现与 OP 面板和编程器的通讯。

4 故障保护联锁

通过硬件、软件实现系统多种保护功能,具有开机和运行期间故障综合、报警、联锁、记忆、复位等综合处理能力。

检测联锁的故障主要包括: 定子过电流、定子过电压、转子过电流、转子过电压、软件检测超速、离心开关检测超速、堵转、快熔熔断、变流装置缺臂、过压保护装置快熔熔断、高压开关故障分闸、欠励磁、同步电源欠压、控制电源分闸、稳压电源故障、变流装置风机故障、电动机风机故障、电动机超温、电动机轴承超温、电动机润滑故障、机械润滑故障等,以及通讯故障、软件故障,等等。

5 系统 HMI 监控

系统的人机接口(HMI) 系统是使用西门子的 WINCC 视窗控制软件实现的。系统包括图形设计器、报警记录、标记记录、报告设计器、全局脚本、控制中心、用户管理等功能,具有高性能的过程耦合、快速的画面更新、以及可靠的数据管理。系统可以显示主传动调速系统状态画面(如速度、电流、电压) 、主电机温度、主电机空水冷却器、主电机轴承温度、主电机高低压油系统、同步电源系统、定转子整流变压器一次侧高压开关、操作信息、操作状态等信息,还可以归档一些主要参数的运行曲线和故障曲线,方便维护人员的数据分析和故障查找。

6 PDA 监控系统

为了便于调试和维护,选用德国 iba 公司开发的信号波形记录 PDA 系统。该系统可以输入系统各种模拟量和开关量信号,对这些信号进行缓存预处理后通过个人计算机及配置的专用软件在线显示、存储、打印。可同时观测记录系统的多路变量,为技术人员提供综合判断、分析系统故障和查找故障原因提供参考。

7 结束语

该系统投入初期出现过桥臂正向和反向过流的故障,经诊断分析是零电流检测板上电源变压器的问题,厂家更换零电流检测板电源模块后,系统运行再未出现类似故障。控制系统具备高动态响应和高的过载能力的特点,具有低转速,大功率负荷特性。自正式生产以来整套系统运行稳定,性能良好,可以满足不同规格和钢种的轧制需要。

参 考 文 献

[1] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统 [M] . 北京: 机械工业出版社,2003.

[2] 马小亮. 大功率交 – 交变频调速及矢量控制技术 [M] . 北京: 机械工业出版社,2004.

[3] 李崇坚,段巍. 轧机传动交流调速机电振动控制 [M] . 北京: 冶金工业出版社,2003.