

# 连轧机单辊传动对电控系统的要求及实现方法

刘宏安,李建湘

(天津钢管有限责任公司,天津 300301)

[摘要]介绍连轧机单辊传动电动机电气控制系统的特点和实现方法,着重以天津钢管有限责任公司新引进的 PQF 三辊式高精度连轧管机的单辊传动电控技术为例,阐述单辊传动对电气传动和自动化系统的高要求及实现方法。

[关键词]连轧机;单辊传动;电控系统

[中图分类号]TG334.9 [文献标识码]B [文章编号]1000-7059(2004)04-0056-03

## 0 引言

连轧机是轧钢工艺中的核心变型机组,对产品质量起着关键作用,尤其是在无缝钢管的生产中更为重要。以往的连轧管机组多采用多辊传动方式,即一台电动机(或同轴串联的两台电动机)驱动两个轧辊或两个以上轧辊,如 MPM 限动芯棒连轧管机的每一机架采用一个传动输出轴通过减速机分配驱动两个轧辊。而天津钢管有限责任公司新引进的 PQF 三辊式高精度连轧管机采用单辊传动方式,即每一个轧辊都由一台单独电动机驱动,该轧机中的每一机架的 3 个辊分别由 3 台独立电动机驱动,相应的减速机也是 3 台。单辊传动方式对电控系统的控制精度要求更高,控制系统更加复杂,本文将论述其控制特点及实现方法。

## 1 连轧机对电控系统的基本要求

连轧机对电控系统最基本的要求是要保证各机架的金属秒流量相等,要求各机架的转速保持一定的比例关系协调运转。由于现代的连轧机速度非常快,对产品质量的要求也越来越高,因此生产工艺对控制系统性能的要求也很高,尤其对电气传动系统的稳态和动态性能指标提出了更高的要求。以前,只能采用直流调速系统来满足,近年来,随着交流调速系统的发展,随着矢量控制与直接力矩控制系统的成熟应用,交流调速系统的性能不断提高,用于连轧机的交流调速系统也越来越多了。

一般来说,不管是采用直流还是交流调速系统,其性能往往用其调速精确度、咬钢动态速降、

恢复时间和调速快速性等指标来衡量。在工程应用中,常常将连轧工艺对电气传动系统性能的要求经量化和折算后,简化为如下技术指标。

(1)动态响应特性:

最大动态速降	3 %
最大动态速升	0.5 %
回升时间	250 ms
恢复时间	300 ms
稳态允许误差	0.1 %

(2)速度阶跃给定响应特性:

最大超调	20 %
上升时间	80 ms
给定时间	200 ms
稳态允许误差	3 %

以上的性能指标是参照德国一家机械制造商提出的设计要求给出的,与国内的一些指标表达方式有所不同,但其本质是一样的。对一般传统的连轧机来说,上述指标能够满足工艺要求,而对于单辊传动的新型连轧机来说,除了以上要求之外,还需要引入新的指标。

## 2 单辊传动对电控系统的要求

单辊传动是指各个机架的每一个轧辊都分别单独由电动机传动,有别于轧辊经齿轮箱由一台电动机传动的成组传动方式。这种传动方式的主要优点是:(1)单辊传动电动机的飞轮力矩( $\Theta^2$ )比成组传动电动机的飞轮力矩大为减少,因而单辊传动系统可以更快地进行加减速,使轧制精度提高。(2)没有成组传动所需的大型齿轮箱,可以

[收稿日期]2004-03-10;[修改稿收到日期]2004-03-24

[作者简介]刘宏安(1958-),男,陕西旬阳人,高级工程师,从事设备管理和电气自动化控制等工作。

节省其能量消耗,提高机械效率,同时减少了维护、检修的工作量与费用。(3)同一机架轧辊直径的配合不必太严格,可以通过电控系统来调节,提高了轧辊的使用率。

在初轧机、板坯轧机、穿孔机以及其它形式的粗轧机上,这种传动方式得到了广泛地应用。但在连轧机上,这种方式还没有被引入,其主要原因是连轧机速度快,各机架之间的速度配合调节精度要求已经很高,要再考虑到每个辊的速度配合调节就更不容易了。

由于生产机械各种工艺的相应要求,促进了电气技术系统的发展。同时,电气技术及自动控制在理论和实践上的发展进步,又反过来促进生产机械和生产工艺的进一步完善。PQF三辊式高精度连轧管机的诞生就证明了这一点。这种轧机每一个机架都有3个轧辊,每个轧辊都由一个电动机单独进行传动。这比传统轧机对控制系统提出的要求更高,除了上述一般要求之外,还得引入三辊同步的指标。

该套 PQF 五机架三辊连轧机的三辊同步指标是:三辊速度控制精度静态为 0.01%,动态为 0.2%;位置控制的同步精度(轧辊的角度)静态为 0.5°,动态为 3°。这相当于一个完整减速机驱动 3 个辊的控制精度。

### 3 单辊传动电控系统的实现方法

根据三辊同步指标的要求,通常可采用以下两种方法来满足。

(1) 同一机架 3 台电动机用同一速度环来调节,如图 1 所示。

这种方法通常在 MPM 连轧管机组的芯棒限位系统的多台电动机控制中使用,多台电动机的输出轴通过一台整体式减速机驱动多个齿轮来带

动齿条运动,只用第 1 台电动机带速度反馈测速编码器(PG)来实现单速度环调速的多台电动机同步控制。特点是控制系统简捷、方便,在传动级的设备中就可以完成控制。但控制精度不高,尤其在咬钢或轧制过程中三辊负载不均匀时,各辊速度会出现明显的差异。对于高精度、高质量的轧机,这种方法不宜采用。

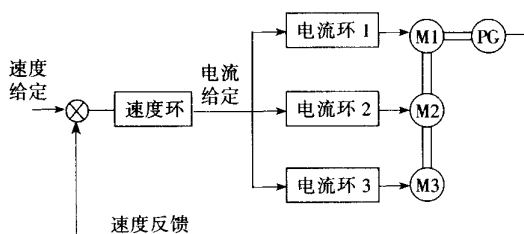


图1 同一机架3辊单速度环调速原理图

(2) 将 PLC 基础自动化系统和电气传动装置结合起来控制,每一机架有一个高速计数处理模块,专门控制三辊同步。在天津钢管有限责任公司新引进的这套 PQF 连轧管机中就采用了这种控制方法。连轧机的每一机架有 3 台电动机(如第 1 机架电动机有 3 台 690 V、600 kW 交流变频电动机),每一机架的 3 台电动机由一套 ABB 公司 ACS600 多传动变频器控制,包括一个进线整流单元、3 个逆变单元,它们通过一组直流母线连接,保证了 3 台电动机整流电源部分的一致性。每台电动机均装有自己的脉冲编码器,每台电动机的脉冲编码器反馈的脉冲经一块脉冲分配板(HUBNER 公司出品)分别作为速度和位置(角度)反馈。PLC 自动化系统的高速计数器模板采集 3 台电动机的位置和速度信号,用于三辊同步位置控制和动态速度补偿控制。其基本控制原理如图 2 所示,图

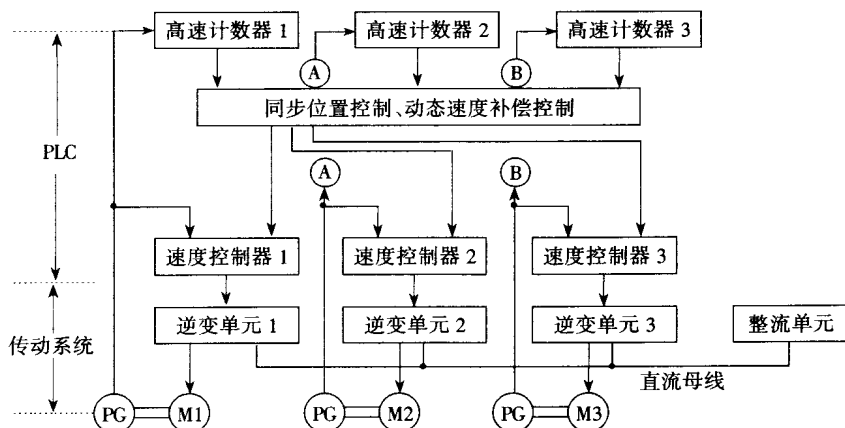


图2 PQF连轧机同一机架3辊同步控制系统原理图

中的高速计数器 1、2、3 是一块高速计数处理模块的 3 个通道。

### 4 结束语

通过实践证明,采用单辊传动控制技术对连轧机工艺控制更加灵活,生产质量控制更为可靠。而对于电气控制系统来说,尽管比传统的多辊传

动控制复杂,但依靠当今先进的电气传动和自动化控制技术,实现这种先进工艺控制思想已成为可能。当然,控制系统的复杂性也带来了电气设备的装机量和维护量的增加,但从长远来看,利用该技术的生产优势带来的企业经济效益更为有利。

[编辑:初秀兰,魏 方]

# 同步电动机矢量控制系统电流模型 IMO 的调整方法

马 里<sup>1</sup>,言立强<sup>1</sup>,陈 晖<sup>2</sup>,朱春毅<sup>2</sup>,李向欣<sup>2</sup>,何 山<sup>2</sup>

(1. 湘潭钢铁集团有限公司 第二棒材厂,湖南 湘潭 411101;2. 冶金自动化研究设计院)

[摘 要] 交交变频器供电的同步电机控制系统中电流模型是不可缺少的控制环节。采用全数字控制系统后,使之以在轧机交交变频控制系统中用精确的数学模型进行控制成为可能。本文结合湘潭钢铁集团有限公司第二棒材厂工程调整方法进行推导和计算。

[关键词] 交交变频;同步电机;电流模型

[中图分类号] TM921.2 [文献标识码] B [文章编号] 1000-7059(2004)04-0058-03

## 0 引言

交流电动机磁场定向矢量控制系统的一个基本要点就是磁场磁链矢量的幅值和空间位置的确定。在西门子交交变频矢量控制系统 SIMADYN D 中,磁场控制主要包括了电流模型(IMO)、电压模型(UMO)和磁链调节(PUR)等。在这几个模型中,电压模型(UMO)完成的是磁链的幅值和位置的实际值检测;磁链调节模块(PUR)完成磁链和电压的闭环控制;电流模型(IMO)完成励磁电流的给定值  $i_{e*}$  及磁链位置角的确定。本文主要讨论西门子 SIMADYN D 矢量控制系统在湘潭钢铁集团有限公司第二棒材厂轧机主传动电控系统的实际应用中整定电流模型(IMO)遇到的问题及解决方法。

## 1 交交变频同步电机矢量控制电流模型

按磁通定向的同步电机矢量控制系统中定子电流的磁化分量给定  $i_{s1}$  来自电机功率因数控制环节,定子电流的转矩分量给定  $i_{s2}$  来自速度调节器输出。电流模型利用定子电流的磁化分量和转矩分量的给定  $i_{s1}$  和  $i_{s2}$ ,磁化电流的期望值  $i_{\mu}$  及安装于电动机轴上的码盘检测的转子位置角  $\phi_s$ ,

计算期望的磁链位置角  $\phi_s$ ,进行坐标变换。

西门子 SIMADYN D 矢量控制系统中与电流模型(IMO)密切相关的几个调整参数是  $EXD$ ,  $EXQ$  和  $g$  参数。 $EXD$  是电机直轴主电抗  $X_{hd}$  的修正参数,  $EXQ$  是电机交轴主电抗  $X_{hq}$  的修正参数,电流模型(IMO)运算出来的  $i_{e*}$  仅仅是相对值,它是建立在定子轴系上,如何把它折算到转子轴系,就需要  $g$  参数作为中间桥梁。

$$g = X_{hd} I_{e0} / I_{sM} \quad (1)$$

$$i_{e*} = I_{sB}(g) / I_{eB}(g) \quad (2)$$

式中,  $I_{e0}$  为空载励磁电流;  $I_{sM}$  为最大定子电流;  $i_{e*}$  为励磁电流相对值;  $I_{eB}(g)$  为励磁电流基值;  $I_{sB}(g)$  为定子电流基值。

利用式(1)和式(2)完成励磁电流给定值  $i_{e*}$  的运算。

在电流模型(IMO)中,稳态时磁链的模型是:

$$d = L_{hd} i_{\mu d} \quad (3)$$

$$q = L_{hq} i_{\mu q} \quad (4)$$

式中,  $d$  为  $d$  轴磁链分量;  $q$  为  $q$  轴磁链分量;

[收稿日期] 2004-02-04; [修改稿收到日期] 2004-04-30

[作者简介] 马 里(1967-),男,黑龙江哈尔滨人,工程师,主要从事冶金行业的电气自动化设计工作。