小型连轧生产线全数字控制的研究和实践

李建设

（首钢型材轧钢厂）

摘　要　本文简要介绍了首钢 Automax 分布式功率系统的性能特点，结合首钢型材轧钢厂三车间精轧系统全数字控制改造状况，对连轧生产线生产过程的控制技术进行了研究和实践。

关键词　AUTOMAX分布式功率系统　精轧机　活套　编程

A RESEARCH AND PRACTICE ON DIGITAL CONTROL SYSTEM OF TANDEM MERCHANT-BAR ROLLING MILL

Li Jianshe

(Shougang Merchant-bar Rolling Mill)

ABSTRACT　A brief introduction to the research and practice of the AUTOMAX Distributed Power System is introduced on the basis of the digitialized revamping to the control system of finish rolling in the tandem rolling mill in No. 3 workshop of Shougang Merchant－Bar Rolling Mill.

KEY WORDS　AUTOMAX-DPS　finish rolling mill　loop　programing

1　概述

首钢型材轧钢厂二、三车间连轧控制系统是1993年建设投产的典型的模拟控制系统。其中三车间工艺布局为粗、中、精轧机各6架，级联调速控制采用的是 Modicom 984 PLC 控制。系统在运行过程中动态性能低下，抗干扰能力较差，控制精度不高，可编机运算速度慢，活套无法投入使用。经现场测试轧钢动态速降最大可达到10%，恢复时间最长可达1200ms，造成工艺故障频繁，轧废较多，成材率和定尺率明显低于国内先进水平。虽经多次改进、精调，效果仍不理想，其直接表现为在轧制过程中每一机架的升降速率不一致，造成堆拉钢现象，故障停机率很高。另外，在轧机可控硅控制系统与备用系统的切换方式上，由于原系统采用切换刀闸的方法，经过几年的使用切换状态一直不稳定，经常出现信号虚的现象，使系统运行产生故障，且故障原因不易判断，从而造成维护量大、维修时间长。在这种情况下，提出采用新的、可靠的、技术先进的控制系统，对现有电气控制设备进行改造，以保证生产的正常进行，减少轧废，从而提高成材率和定尺率。通过对国际上几大电气公司产品的性能的比较，并结合小型连轧生产线的工艺特点，我们采用 Reliance 公司最新的 AUTOMAX—DPS 控制设备，并为其配置了外围硬件。首先在1999年5月份对三车间连轧机系统精轧区6套控制系统进行全数字改造，自行编制了软件，使之成为一个完善的计算机网络结构的 AUTOMAX—DPS(分布式功率控制系统)，充分分析 AUTOMAX—DPS 的性能特点，采用其强大的多处理器功能，使硬件功能软件化，具有完善的故障诊断功能。

2　系统的构成及性能特点

AUTOMAX—DPS 分布式功率控制系统是 Reliance 公司逐步发展而成的全数字多功能控制器。它具有框架式的硬件结构，支持标准总结的插件模块。AUTOMAX—DPS 既是可编程控制器，又是软件化的传动调节器，同时还是过程控制器。它首次将功率模块当成远程功率型 I/O 从控制器中分离出来，多台 AUTOMAX—DPS 控制器可构成一台总线结构的分布式工业控制系统。其主要性能特点如下：

联系人：李建设，北京(100041)首钢型材轧钢厂

(1) AUTOMAX—DPS 是个多任务、多处理器、多语言的控制系统。多任务,就是根据用户的不同要求,AUTOMAX—DPS 可以将不同的控制区域、不同的控制对象分成不同的任务,并根据任务的不同重要程度,选用不同的中断级别,以合理协调每个任务的执行过程。每个任务还可选择不同的执行周期,以合理提高应用任务的响应时间和 CPU 占有率,每个 AUTOMAX 机架最多可包含 32 个任务。

多处理器,每个 AUTOMAX 框架最多可允许运行 4 块处理器卡,处理器卡使用 Motorola68020 32 位 25MHzCPU 内存 512K。每个 AUTOMAX 框架内最多可运行 10 块 UDC 卡,每个 UDC 卡内均含有带 RISC 指令的 CPU,每块 UDC 卡可带两套 PMI 功率接口模块,每一 PMI 内均含有一块固化有电流小环程序的处理器卡。

多语言,AUTOMAX—DPS 系统应用程序适合三种编程语言:梯形图语言、增强型 BASIC 语言、软件控制块语言。梯形图语言主要用于机器逻辑控制、连锁和时序控制、故障锁定等功能的编程;增强型 BASIC 语言主要用于屏幕显示、键盘定义、故障报告、打印、数字运行、数据处理以及与外设打交道;控制块是实现某一控制功能的软件模块,各种控制块的组织并配以相应的参数,便能完成诸如速度调节、级联调节、活套控制、咬钢补偿等功能。

(2) 硬件功能软件化。AUTOMAX—DPS 系统采用了最简洁的硬件设计,整个系统不用一只电位器,所有可调量均可通过软件来调整。每套 DC 传动装置的 PMI 控制单元仅由 4 块模块组成(其中包括了一块电源卡)。所有的调节器都由软件控制块组成,其中速度环调节器等外环调节功能,由 UDC 模块内的软件来实现,电流环调节器软件固化在 PMI 的处理器卡内。对传动装置控制对象诸如进线交流电压、电机基速、最大转速、电枢额定电压、电流、磁场额定电流、最小弱磁电流等参数的设定,都是用软件办法通过在 Windows 视窗的画面内填充来实现的。

(3) 系统的运行精度高、响应快

无论 AUTOMAX—DPS 系统运行于转速、位置、电压等反馈控制方式,系统所能达到的静态精度均为 1/4095,即万分之 2.44。AUTOMAX—DPS 系统将高级别的控制与功率转换分开,用 AUTOMAX 处理器完成高级别的控制算法及传动装置间的协调,用 UDC 模块作速度环回路的处理,用 PMI 功率模块接口作电流环的实时控制。由于 UDC 及 PMI 内均含有 RISC 指令的 32 位 CPU,它的运行速度是 AUTOMAX 处理器卡内 CPU 的 5 倍,且 UDC 任务可选用有别于其他任务的扫描周期,加之 AUTOMAX 各种强大的软件控制块功能,为传动装置的优化控制提供了设计手段,因此 AUTOMAX—DPS 系统可做出极快的驱动器响应。

(4) 先进的总线控制技术,大幅度地减少敷线。AUTOMAX 主框架 UDC 单元与功率单元 PMI 之间是通过一对光纤连接的,所有控制及反馈信号均通过此光纤交换。由于光纤可不受任何电信号的干扰,系统的可靠性很高,它可以与其他电缆排放在一起,简化了光缆的铺设。此次改造,仅操作台到主控室的电缆就由 340 棵减少到了 2 棵。

(5) 驱动器参数自测及自调功能。AUTOMAX—DPS 操作系统内提供了一套驱动器参数测试软件,调用这些软件,可方便地进行速度 ID、磁场 ID、解算器 ID、∂角 ID 等测试,通过对控制对象的这些测试,可自动得出速度环的 KPS、WLD、解算器平衡度及磁场的有关调节参数。AUTOMAX—DPS 系统注重快速有效的试车,光纤和解析器电缆长度可自测自调,传动装置的电流内环的调试是系统自行完成的。

(6) 完善的故障诊断功能。AUTOMAX—DPS 系统包含有完善的故障诊断功能,每块处理器卡上有二位 7 段显示码,用于显示通讯、CPU 及寄存器的各类出错信息,利用这些指错代码,可快速查找机架内的硬件故障,故障一直可查到某个 I/O 寄存器。用于传动装置的故障诊断更加出色,全部传动状态信息都通过光纤以 10M 波特率从 PMI 框架传输给 UDC 卡。UDC 卡内设有故障诊断寄存器,用于报告传动装置的各类故障可达几十种。

(7) 模块结构互换性强。AUTOMAX—DPS 系统采用插件式的硬件模块结构,故障时可快速更换,无论驱动器控制对象功能的大小,它们所使用的 UDC 模块及 PMI 内的模块均是相同的,并且模块内无任何拨动开关或跳接线。这不仅方便了使用,还可减少备件的总量。

(8) 强大的网络控制功能。AUTOMAX—DPS 网络控制功能非常强大,选用不同的硬件可以构成 E-NET 网、DCS-NET 网和远程 I/O 站等,通讯系统可以进行大量控制信息的交换,每台 AUTOMAX—DPS 机架可以安装一块或一块以上的网卡。网卡之间采用总线结构连接,传输速率是 1.75M 波特率。

3 小型连轧生产线生产过程的控制技术

本次改造除对轧机调速系统进行数字改造外,还根据现场轧钢和工艺要求采用了 5 个活套控制、咬钢补偿、轧钢自学习等多项技术。其中主要包括:

(1) 轧机速度设定技术及速度控制技术。根据

生产工艺参数形成轧制程序表，当更换规格或修改辊径时，按照机架之间秒流量相等原则，已知精轧机出口速度（工艺参数已定）可推算出各架轧机线速度。

轧机速度调节器在UDC中完成，由F—SPD.BLK实现。此任务中除完成速度调节器的功能之外，还增加了速度自适应、动态补偿功能。轧机运转控制由F—SEQ.PC任务来完成。

（2）级联调速控制技术。小型材轧机的级联调速用于自动传送一个机架速度基准变化给此机架上游所有机架，各机架的速度关系通过各个机架的对应速度基准变化而保持。单机、级联调速的升/降操作由S—C.PC任务来完成。单机、级联的速度调节控制由CAS.BLK任务完成，从而改变速度设定基准值。

（3）活套自动重设定控制技术。为了保持小型材生产中的无张力轧制，在精轧设有5只活套扫描器，以控制和纠正机架间速度匹配的误差。活套自动重设定功能，可使每根钢的全线各机架均被咬入10s后，对精轧机速度进行连续采集，并用每次采样所得的速度误差去纠正速度设定点来的给定。这种采样维持20s，并将最后一次采样值作为下一根钢的轧制速度设定。活套自动重设定功能使轧制速度平稳，从而可有效提高产品的质量。

（4）咬钢补偿控制技术。对咬钢速降动态补偿是在咬钢前将咬钢机架上游各机架在速度设定值基础上的自动级联降速一个动态量，咬钢后自动将速度恢复到原值，其目的是保证轧件秒流量相等且轧机能可靠地咬入轧件。

（5）轧机自学习控制技术。计算机系统根据实际速度的反馈与原设定速度进行差值计算，根据偏差的大小、趋势确定对下一根钢的设定速度的修正。

（6）数字测速控制技术。Resolver安装在电机非负荷端，用来测量电机转速，Resolver信号连到Driver I/O，Resolver输出一个正弦波、一个余弦波信号，Resolver Driver I/O对两波比较、放大，线性检波得到一个直流电压，此值对应某一角度（0～360°），经信号处理可得到电机的转速，控制精度高。

（7）备用系统切换软件技术的采用，使系统切换简单方便，大大减少了维护量和故障率。

（8）故障自诊断控制技术。工业PC从AUTOMAX控制器上读取有关电气参数和故障信号，对发生故障进行诊断并显示。

4 结论

AUTOMAX—DPS是世界上先进而又可靠的设备，在提高生产中的产品精度、产品质量、生产控制、降低轧机事故停机率等方面都发挥了重要作用。在1995年5～6月份三车间中修过程中对精轧可控硅系统进行了全面改造。采用了美国Reliance公司生产的AUTOMAX—DPS，使用1台AUTOMAX，7台功率传动系统PMI，可控硅控制部分由UDC和PMI组成，以实现数字化改造，通过改造达到了非常好的效果。

（1）系统的性能精度提高，响应加快。由于采用了多处理器控制系统，其静态精度达到1/4095。动态性能为：动态速降不大于3%，恢复时间不大于120ms，很好地满足了小型材连轧生产线的要求。

（2）优化备用系统设计，达到了免维护，大大减少了设备故障。系统设计方面，所有参数设定都是由软件来实现的。任何一台DC—DRIVE CARD都可以控制任何一台轧机，这样仅用一台备用柜就可备用不同的系统，用备用切换应用程序来实现，由有触点（原系统每台有42个切换刀闸）改为无触点切换，提高了系统的抗干扰能力，减小了事故停机率。从现场运行效果来看，自1999年6月份改造之后，年平均故障停机32min。

（3）综合指标得到大幅度提高。在这次改造中，重点对活套的使用进行了研究，同时采用了咬钢动态补偿技术和活套自学习技术。从设备运行效果来看，各项经济指标取得了较大提高。在2000年1～9月份的9个月运行过程中，成材率由改造之前的94.71%达到了95.99%，提高了1.28%；定尺率由改造之前的94.75%达到95.51%，提高了0.76%，共取得经济效益929.5万元。

（4）独立编程充分体现了技术创新的优势。改造使用的硬件是选用Reliance公司的，所有控制软件及控制方案全部由我们独立完成编程。据悉，对美国Reliance公司的AUTOMAX—DPS，世界任何其他公司从未完整地编过应用程序，我们公司是首家，从运行效果来看达到了国际同等水平，为首钢采用高新技术改造传统产业取得了成效。

（5）本文提出的小型连轧生产线全数字控制的研究和实践，解决了生产过程中发生的许多问题，达到了运行可靠免维护的目的，在中小型材生产领域内具有指导意义，并于2001年首钢型材轧钢厂二车间得到了推广应用。该课题获得了2001年北京市青年科技骨干资助基金。