

张力减径机电流、转速监测系统

杨维翰 程朋胜 王 健 崔洪度[✓] 张朔共

(华东冶金学院自动化系 马鞍山 243002) (宝钢钢管厂)

TG 333.8

摘 要 针对宝钢钢管厂张力减径机在生产中的问题,研制了在线监测减径机电流和转速微机系统,本文介绍系统的工作原理、性能、结构及其在应用中取得的满意效果。

关键词 张力减径机 监测系统 采样频率 电流 转速, 管材轧机

A monitoring system for the current and rotative velocity of stretch reducing mill

Yang Weihan Cheng Pengsheng Wang Jian

(Dept. of Automation, East China Institute of Metallurgy Maanshan 243002)

Cui Hongdu Zhang Sugong

(Baogang Steel Tube Plant)

Abstract The paper presents the working principle, performances and system structure of the monitoring system for the current and rotative velocity of stretch reducing mill at Baogang Steel Tube Plant. The application result of the system is satisfactory.

Key words stretch reducing mill; monitoring system; sampling frequency; current; rotative velocity

1 问题的由来

宝钢钢管厂的张力减径机由 28 台机架组成,每台机架由 530V、350kW 的直流电机拖动,其张力和机架间的关系见图 1。该厂自 1985 年 11 月热负荷试车后,在很长一段时间内难以正常工作,直流传动系统经常烧晶闸管,各种不明原因的跳闸频繁,无法对投入较多机架的状态进行测试。外国专家在调试“头尾控制”时,也因轧机的被测信号多达 50 多路,不得不用两台 SE560 瞬态记录仪进行双机联合测试。由于该设备每个通道内存只能扩充到 16KB,其结果是输出波形严重失真,效果不理想。此外,在轧机生产过程中,不能及时检测到各种跳闸现象,更无法确定首先跳闸的机架,捕捉和查找故障原因都非常困难。我们研制的张力减径机电流、转速在线监测系统,不但解决了上述问题,而且可根据电流和转速的超范围变化,及时发出报警信号,减少或避免了某些可能发生的事故。

• 32 •

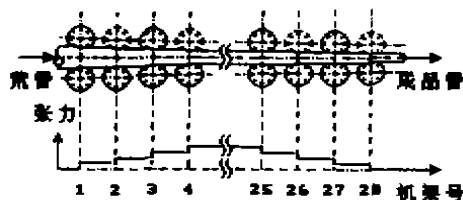


图 1 张力与机架间关系示意图

2 主要工作原理

张力减径机电流、转速监测系统实质上是一套专用的数据采集和实时数据处理与显示记录系统。它由 486 微机和相应的接口电路组成,主机 CPU 对数据采集和处理等任务都以分时的方式工作,其主要技术关键是采样频率的确定和报警、滤波等数据处理的实施方法。

2.1 采样频率

为了确定系统的采样频率,我们先从一路电流信号的频率特性和判断跳闸故障的要求,来分析其采样间隔和采样频率,然后再求得整个系统的采样频率。

从电流信号本身的频率范围考虑,图2所示的是一路电流的波形。在 $t=0$ 咬钢后,电流从零上升到最大值的时间——上升时间 t_r 约为0.125s,其带宽 $B=1/t_r$ 。很明显,这是含有直流分量的基带信号,根据采样定理,它的奈奎斯特间隔为

$$t_N \leq \frac{1}{2B} = \frac{t_r}{2} = 62.5\text{ms}$$

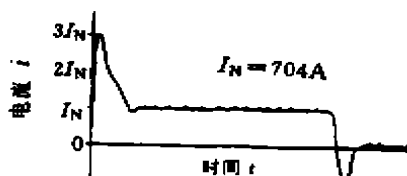


图2 实际电流波形

为了保证信号的质量,实际的采样间隔应该比理论值小3~4倍以上。

另一方面从张力减径机跳闸过程分析,为确定首先跳闸的机架,在钢管经过相邻两台机架的时间内,应该将每台机架的电流和转速至少采集一遍,否则,就无法正确判断先跳闸的机架号。由于机械惯性的存在,转速的变化比电流慢得多,实测相差10倍以上,因此,我们取转速的采样间隔是电流的10倍。

宝钢钢管厂张力减径机的实际参数为:最高抛钢线速度 $V=16\text{m/s}$;相邻两机架之间的距离 $D=310\text{mm}$ 。设在 $19.4\text{ms}(=D/V)$ 时间内对每个机架的转速采样3次,采样间隔 t_s 为

$$19.4 \div 3 = 6.47(\text{ms})$$

取5ms,则整个系统的采样频率 f_s 为

$$f_s = (1 + 10) \times 28 \times 1000 / 5 = 61.6(\text{kHz})$$

2.2 存储器容量

486主机的RAM主要是存放系统程序、用户程序和数据文件,其中容量最大的是数据文件。

为了分析空载情况下的跳闸故障,现场要求在轧制前后的时间内,也应该采集并存储数据,由于空载时间无法预料,可能很长,在有限的内存空间内,太多的空载数据可能

将有用的轧制数据冲掉。因此,在咬钢前安排了1s的循环数据区,如果超过1s,也只能在这一小范围内不断循环刷新,咬钢信号一到,立即将新采集的数据装入轧制数据区,在13.5s内抛钢信号到来,再继续采集和保存0.5s的数据后,就进入下一根钢的前1s循环区,如此不断重复。总共一根钢的最长采集时间 t_1 达15s,一个数据12位,占2个字节,所以一根钢占有的数据空间 M_1 为

$$M_1 = 2f_s t_1 = 1.848\text{MB}$$

加上数据文件的头尾标记,总共近2MB。

为了分析故障前的“历史”状态,主机RAM中保存了当前一根钢和前6根钢(>1min)的数据。正常情况下,新数据刷新旧数据,因此,7根钢的数据文件要占用14MB的内存,主机RAM实际使用的空间为16MB。一旦发生故障报警信号时,主CPU将14MB数据文件全部存入硬盘,硬盘容量是210MB,可以存入10次以上的故障数据。

2.3 数据处理

采集的数据存放在主机RAM中后,CPU针对张力减径机工作特点,对其进行数字滤波和超限报警等处理,这也是该系统区别于其它数据采集系统的一个重要标志。

每台机架直流电机的额定电流是704A,供电系统采用三相桥式无环流反并联(不对称)可控硅整流装置,虽然电机绕组电感有一定的滤波作用,但是,流过电机的电流中,仍然含有相当可观的交流分量;另一方面,从电源或模拟量输入端不可避免地混入了各种尖峰干扰。除此以外,1~12号机架在咬钢后建立张力的过程中,由于力矩迅速增大,起动电流会比额定值高2~3倍,其波形见图2。电机本身的过负荷能力是:2s内三倍额定电流不跳闸。所以,电流中的交流成分、尖峰干扰和起动峰值三个因素,给数字滤波和超限报警带来了一定的难度。

如果用一般的平均值法滤波,很难消除尖峰干扰引起的采样值偏差,所以,该系统使

电气传动

用了防尖峰干扰的平均值法,先将同一路信号的 M 个采样数据进行比较,去掉 S 个最大值和 S 个最小值,剩下 $K = M - 2S$ 个数据,对这 K 个数据再计算其算术平均值 y ,即

$$y = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K I_j$$

上式中 K 取 2 的整数次幂时,还可以简化并加快计算速度。

在第 j 台机架进入正常轧钢状态时,电流 I_j 和转速 n_j 的超限报警条件有三个:

- (i) 超过本身设定的绝对值;
- (ii) 增量 ΔI_j 或 Δn_j 超过正常范围;
- (iii) I_j 和 n_j 之间相互关系超过正常值。

上述条件必须在数值和持续时间上都超限时,才能发报警信号,数值大小根据实际测量值很容易确定,而持续时间比较难定。从理论上讲,持续时间应该考虑到机架的电气和机械特性,实际上我们用工频周期的一半 (10ms) 为单位,设定其调试倍数,经现场试验确定,实测为 1~2 倍即可,此法回避了复杂的数学分析,使用也比较方便,效果良好。

为了恰当地处理起动电流的峰值,我们将图 2 的实际波形简化成图 3 的形状,如果将起动波峰沿时间轴划分得更细一些,判断的结果也会更准确一些。按图 3 所示的方法,将 1.25s 分成两段,已满足了现场要求。至于这段时间内的报警绝对值大小,是根据正常报警值,将其按比例迭加在起动峰值上的。

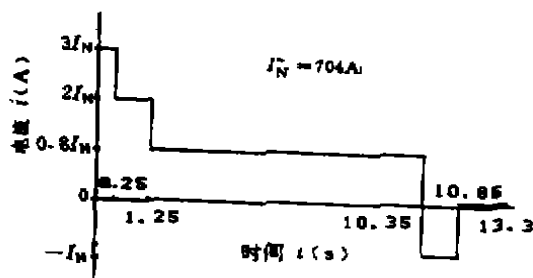


图 3 简化的判断用电流幅值-时间关系

3 系统结构

3.1 硬件

该系统的硬件结构框图如图 4 所示,主

要由归一化信号处理电路、A/D 板、开关量输入/输出和 486 主机等部分组成,除了两块 A/D 板安装在主机的总线插槽中外,其余全部模拟量和开关量硬件电路都装在一个独立的接口箱中。

现场传感器将电流和转速转换成弱电信号,由屏蔽电缆送到控制室机柜内,原来的控制系统已将它们放大成满量程 $\pm 10V$ 的双极性电压,模拟量归一化电路再将其变成 $0 \sim +10V$ 单极性信号,以满足 A/D 板对输入的要求。两块 A/D 板分别用来采集电流和转速,它们硬件都相同,只是口地址不同。模数转换芯片用的是 AD678,分辨率为 12 位。为了提高采集速度,采用硬件模拟量地址自动加 1 和软件查询相结合的采集方式,使模拟量多路转换、CPU 存放数据和 A/D 转换有一部分动作是重迭进行,所以, A/D 板的采样频率从 200kHz 提高到了 240kHz,这一改进为应用软件的分时工作赢得了宝贵的时间。

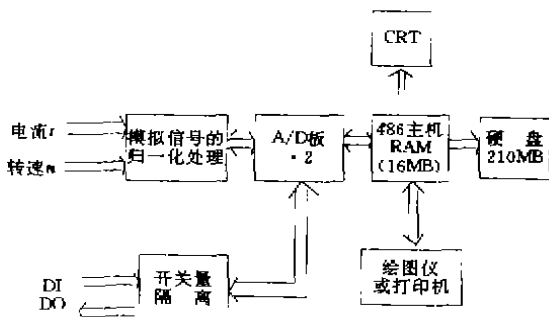


图 4 系统硬件框图

开关量输入/输出都用光电耦合器隔离,经 A/D 板上的 8255 可编程并行 I/O 口进入主机,输入的是咬钢、抛钢和故障信号,输出的是报警等信号。A/D 板上还有 DC~DC 变换器,向有关电路提供隔离的直流电源,以提高系统的抗干扰能力。接口箱中的全部元器件都经过了老化筛选,所以,系统交付使用以来,工作一直稳定可靠。

3.2 软件

全部应用软件是在 DOS 支持下,用 Turbo C 2.0 设计。它分为两部分,一部分是

实时采集和显示程序 RTAS 1.10, 另一部分是事后波形阅读程序 WAVRD 1.0, 高端内存用 EMS 4.0 管理。

实时部分由采集和显示主程序、图形驱动程序、安装实用程序和帮助操作说明文件组成, 执行后, 首先出现一幅报警值设定窗口, 由操作人员设定每一路电流和转速的报警值, 然后依次选择被显示通道的 y 轴倍率、显示区域、颜色和通道号, 设定完毕, 系统就进入实时采集和显示状态。CRT 上沿水平方向被分成 4 个不同区域, 每个区域分别用红、黄、绿、蓝区分 4 条曲线, 每一曲线占用了垂直总象素的 $1/4$, 只有 100 多个, 因此, 显示运算精度只取了 8 位。 x 轴方向有以秒为单位的时间坐标, 总体视觉效果比一般示波器要好些。在实时显示过程中, 不论是轧钢过程, 还是咬钢前 1s 和抛钢后 0.5s, 一旦发生超限报警、故障信号动作或操作人员认为必要时, 则将全部数据存入硬盘, 以备事后分析故障原因和波形阅读。

需要分析已存入硬盘的数据文件时, 则运行 WAVRD 程序。它首先将硬盘中的文件名显示出来, 该名字是“S—”和存盘序号以及 1~7 钢管号组成, 扩展名是“DAT”, 用光标移动键选中某根钢的文件后, 立即将原来采集时的数据重新装回 RAM, CRT 出现带有刻度的平面坐标, x 轴为时间, y 轴是幅度。在 x 轴的下方, 还有一个窄长条的信息提示窗口, 供选择电流和转速的通道号使用, 功能类似存贮示波器, 选中一路或多路曲线后, 它们在咬钢前 1s、轧钢过程和抛钢后 0.5s 的数据, 全部被连成一条完整的曲线, 在 x 和 y 轴方向可以进行放大、缩小或平移, 必要时, 用绘图仪或打印机将屏幕内容全部拷贝下来, 供分析或长期保存使用。

上述两部分软件都可以借用帮助功能, 向用户提示每个功能键的作用, 为操作人员提供方便。

第 1 作者简介 杨维翰 男 1944 年生 高级工程师

4 实际应用

为了检验该监测系统的性能, 宝钢钢管厂分别将其在穿孔机、连轧机和张力减径机上进行了运行。虽然前两种轧机的机架和模拟量输入通道比较少, 但是, 它们的工作电流比张力减径机大四倍多, 峰值能达到 8000A 以上, 工作台距离电力电缆很近, 只有几米远, 电磁干扰相当严重, 在连轧机压下时, CRT 上显示的内容都发生跳动。然而, 由于该系统的硬件和软件采取了多种抗干扰措施, 因此, 运行正常, 没有发生程序跑飞的现象。经长期使用证明, 该系统工作稳定可靠, 抗干扰能力强。

该系统在现场的头一个月就经过了三大机组的考验。正常运行后不久, 就发现张力减径机的主传动电控系统不正常, 很快定位在 3 号机架, 其原因来自于测速机, 更换后即消除了故障隐患, 防止了不正常现象的进一步扩大。这套监测系统的工作也方便了设备检修和维护, 受到了有关技术人员的欢迎。它除了在线监测功能外, 还利用了通道多、速度快和内存量大的特点, 记录了轧机的轧制节奏, 很容易绘出了有关机组的全部工作时段图, 发现了多处需要处理和解决的问题, 并找到了影响轧制节奏的主要问题是辅助时间过长。问题解决后, 生产效率明显提高, 根据有关部门的保守计算, 每年增产两万多根钢管, 经济效益显著, 解决了进口设备 SE560 和 HP3852S 没有解决的问题, 而成本却比进口产品的低很多。

该系统于 1994 年 8 月通过了冶金部主持的技术成果鉴定, 认为“该技术达到国内先进水平, 填补了国内空白”。

参 考 文 献

- 1 Karl E. Kumman 著, 林捷新译. 张力减径机轧辊的计算机管理. 国外钢铁, 1990, (11): 53~60
- 2 王常力. 工业控制计算机系统——设计与应用. 北京: 电子工业出版社, 1993. 117~129

(收稿日期: 1994-10-20 修改稿日期: 1995-02-15)

主要从事微机应用与电子技术的科研和教学工作。