

研
究
开
发内燃机车柴油机步进调速
的研究与实现

李玮斌, 鲍 睿

(株洲南车时代电气股份有限公司 技术中心, 湖南 株洲 412001)



作者简介: 李玮斌 (1982-), 男, 工程师, 主要从事机车微机控制方面的研究工作。

摘 要: 详细介绍了内燃机车柴油机采用 32 位微机控制步进调速的基本原理, 研究了步进调速所遇到的控制问题, 并提出了解决方案。经过现场试验, 充分证明了该方案的可行性与实用性。

关键词: 步进电机; 32 位微机; 调速弹簧; 柴油机; 内燃机车; 转速调节

中图分类号: U262.11

文献标识码: A

文章编号: 1000-128X(2011)05-0037-03

The Research and Realization of Stepping Speed Regulation for Diesel Engine of Diesel Locomotive

LI Wei-bin, BAO Rui

(Technology Center, Zhuzhou CSR Times Electric Co., Ltd., Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: Speed regulation of stepping motor controlled by 32-bit microprocessor for diesel engine of diesel locomotive was detailed introduced. The problems of the control was studied and solved. Feasibility and practicality of the scheme are fully proved by field test.

Key words: stepping motor; 32-bit microprocessor; governor spring; diesel engine; diesel locomotive; rotational speed regulation

0 引言

现阶段微机控制柴油机步进调速系统在国产内燃机车上被广泛应用。它较之传统的机械液压式调速系统在性能方面有了很大提高与改善, 但在批量化的实际应用时, 发现同型号机车个体间的调速性能存在差异性, 造成的问题是机车的柴油机个别挡位转速不达标, 无法满足机车正常的性能要求。针对这一问题, 通过研究分析, 提出了一种改进方法, 有效地解决了调速控制中出现的个体差异性, 很好地提升了柴油机的调速性能。

1 微机控制柴油机步进调速的原理

微机控制柴油机步进调速系统主要包括以下几个部分: 司机控制器、32 位微机、调节器配速机构。系统的原理框图如图 1 所示。

1) 司机控制器

内燃机车柴油机的工作转速范围分成几个挡位, 每个挡位有其对应需要达到的柴油机转速值。司机主

要操纵司机控制器发出挡位指令来控制柴油机转速。

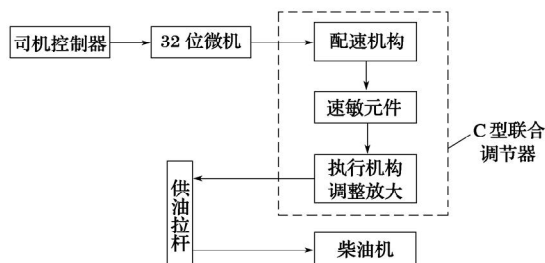


图 1 调速系统原理框图

2) 32 位微机

微机采用高性能的摩托罗拉 32 位微处理器 MC68332 为核心, 扩充有数字 I/O、模拟 I/O、频率量处理、斩波控制等外围插件和具有冗余结构的 LonWorks 通信网卡, 可通过 LonWorks 通信连接显示器 IDU, 实现人机对话。

3) 调节器配速机构

配速机构安装于 C 型联合调节器的内部, 主要由步进电机、配速活塞、调速弹簧等组成。

其中步进电机为 70BF3-3J 型三相六拍电机, 即三相中再分为 6 个位置, 三相为 A、B、C, 六拍的控制为: A、

收稿日期: 2010-10-26; 收修稿日期: 2010-04-27

AB、B、BC、C、CA。根据收到的电脉冲信号顺序,电机进行相应的升降速。步进电机升降速编码如表1所示。

表1 步进电机升降速编码表

通 电 方 式	逻辑值 (ABC)	步进电机 升速通电顺序	步进电机 降速通电顺序
A	001	↑	↓
AB	011		
B	010		
BC	110		
C	100		
CA	101		
A	001		

配速机构是按照收到的微机调速指令,自动改变调速弹簧预紧力的一套机构。

微机控制柴油机步进调速系统的工作原理是:操纵司机控制器,将其A、B、C、D 4个控制凸轮的开关量信号送至微机。微机通过数字输入板采集到信号后,由CPU板计算处理,转化成按一定规律变化的电脉冲信号,再控制数字输出板驱动配速机构中的步进电机。步进电机发生相应的角位移,通过齿轮、螺杆控制配速活塞的升降,从而改变调速弹簧的预紧力。预紧力的变化使调速弹簧后端连接的速敏元件及执行机构迅速作出相应的改变,从而调整供油拉杆位置,控制柴油机的燃油供给,实现柴油机转速的调节^[2]。

2 调速问题及实例分析

近期在出口几内亚的CKD4C型内燃机车上就采用了微机控制柴油机步进调速系统,在现场水阻试验时发现了柴油机个体间的调速性能存在差异性,造成机车相关性能参数无法达到试验要求。

CKD4C型内燃机车采用了280系列柴油机,在柴油机的工作转速范围内分成了16个挡位,从400 r/min到1 000 r/min。柴油机每一挡的转速值都有具体要求(见表2),尤其是8挡、12挡、16挡是重要的考核点,转速的控制误差值限定在 ± 5 r/min。

在此前提下,原微机CPU软件的调速模块的设计思想是:CPU软件先通过采集到的司控器编码信号判断出相应的手柄挡位,计算出与之对应的驱动步数,再控制数字输出板送出驱动信号,使配速机构中的步进电机转速产生升降。为了协调配速机构的正常工作,限定了步进电机升降速频率。其中驱动步数的计算思路为先设定柴油机在16挡位达到 $(1\ 000 \pm 5)$ r/min时所需的总步数。再由表2可知,在柴油机的工作转速范围(400~1 000 r/min)每变换一挡,柴油机转速理论上变化 $\Delta n=40$ r/min,因此将所需的总步数值均分到1~16挡之间,每相邻两挡变化时所需的步数值相等。

此次在水阻试验时机车出现的问题具体有两点:

① 本次共调试了5台该型号机车,其中1、3、4号车总步数值为612时,16挡位柴油机转速在1 004 r/min左

右,满足需要;但在2、5号车采用同样的总步数值,16挡位时柴油机转速则不到995 r/min,不能满足需要。

② 个别机车的柴油机在16挡位最大转速满足要求的情况下,其他个别挡位尤其是考核点转速偏低。

表2 挡位、司机控制器编码、柴油机转速对应表

挡 位	司机控制器编码				柴油机转速 / r · min ⁻¹
	A	B	C	D	
0	0	0	0	0	400
1	0	0	0	0	400
2	1	0	0	0	440
3	1	1	0	0	480
4	0	1	0	0	520
5	0	1	1	0	560
6	1	1	1	0	600
7	1	0	1	0	640
8	0	0	1	0	680
9	0	0	1	1	720
10	1	0	1	1	760
11	1	1	1	1	800
12	0	1	1	1	840
13	0	1	0	1	880
14	1	1	0	1	920
15	1	0	0	1	960
16	0	0	0	1	1 000

5台车均采用了同样的柴油机、调节器配速机构和32位微机,不应出现在16挡位时柴油机转速的较大差别;而在调速控制中每相邻两挡变化时增加的驱动步数相同,柴油机的转速增量理应相等,却出现了在16挡位转速达标的前提下,个别挡位转速过低的情况。

已知现象表现出较大的个体差异性,且能重复发生,可排除调速时随机失步的可能性,而微机的软硬件本身不存在这种个体控制差异,故障点很可能在作为控制对象的调节器配速机构上。但它的组成部件如活塞、齿轮等特性较为固定单一,个体差异性较小,所以将研究的重点放在了调速弹簧上。

调速弹簧作为机械基本元件的一般金属丝弹簧,按其特性可分为外形为直圆柱状、圈距基本相等的线性弹簧或外形为非直圆柱状、圈距也不相等的非线性弹簧两大类。国产各大功率机车柴油机(包括240系列及280系列),其调节器的调速弹簧都是参数相近的非线性塔簧。

由整个调速系统的工作原理可知,当步进电机收到不同挡位信号时,配速活塞位置即发生相应移动,使塔簧保持某一预紧力,柴油机则能在相应的平衡转速下运转,所以塔簧的预紧力是改变柴油机转速的一个重要因素。

文献[1]证实了非线性塔簧存在的个体差异性。而塔簧出现个体差异性的主要因素有以下几点:

① 非线性塔簧的设计计算较为困难,即使是非常近似的核算也很复杂,因而不能很好地指导生产实践。

② 由于塔簧的外形及圈距变化的特殊性, 生产工艺很难保证设计要求的特性, 即使降低精度要求, 成品率也很低。

③ 由于制造工艺原因, 即使同批卷制的塔簧间, 彼此特性相差也很大。据资料所示, 在柴油机转速变化范围同为 $430 \sim 1\,000 \text{ r/min}$ 时, 塔簧的压缩量相差达 3 mm 之多。这样, 在相同的操纵指令下, 塔簧个体间的预紧力肯定会出现较大差别。

由此可知, 配速机构中塔簧存在的个体差异性出现此次调速问题的根本原因。

3 改进方案的比对及实现

3.1 改进方案的比对

方案一: 更换调速弹簧。由于调速弹簧的更换工作较为复杂, 而且调速弹簧自身存在较难解决的差异性, 因此无法保证更换后彻底解决问题。

方案二: 根据问题机车的调速情况, 在原CPU软件中针对单个转速不够的挡位修改驱动步数, 从而加大调速弹簧的预紧力, 提高柴油机转速。这个办法能够解决现有的调速问题, 但是需要对多台问题机车进行CPU软件的适应性修改, 且修改参数并不相同, 将造成同一型号机车出现多个软件版本, 不利于以后的维护, 并且对于大批量的装车, 在现场调试中将消耗极大的人力物力。

方案三: 在原CPU软件中有关驱动步数的计算环节里添加各个挡位的补偿步数, 并在显示器中添加设置各步数值的功能。步数值设置后由通信传送给CPU软件, 从而保证了软件的统一性。水阻试验时, 试验人员可先设置好合适的总步数, 使柴油机16挡位的最大转速满足要求; 在此基础上, 对比其他挡位柴油机转速的实际值与标准值, 得到个别不达标挡位所需的补偿步数值, 再在显示器上进行相应设置即可。在软件中还应限定步数的设置范围, 保证在操作人员设置步数错误的情况下, 不会造成微机的控制错误。

综上所述, 方案三明显优于前2种方案, 更具可行性及有效性, 可作为最终方案进行设计实现。

3.2 最终改进方案的具体实现

首先, 柴油机惰转时, 水阻试验人员可进入显示器步数设置界面查询已设置步数和设置总步数、个别挡位补偿步数。如图2所示, 当输入挡位值为16时, 可在 $500 \sim 900$ 的范围内设置总步数; 当输入挡位值为 $2 \sim 15$ 时, 可在 $0 \sim 9$ 的范围内设置单个挡位补偿步数。

其次, 显示器将设置好的步数值通过LonWorks通信线发送给微机的LonWorks板, CPU板再通过微机背板总线对其进行读取, 并在其后备电池存储器里保存,



图2 显示器设置步数界面

保证微机掉电后仍可保留。

再次, CPU软件将读取到的总步数及个别挡位补偿步数带入到调速模块中进行计算, 输出相应的驱动信号。调速模块程序框图如图3。

3.3 试验结果

5台机车在采用了

该改进方案后, 水阻试验人员通过简单培

训就能够在显示器上

根据现场柴油机的调速情况进行相应步数设置。在进行有效设置后, 柴油机的转速满足了水阻试验的考核要求, 并且顺利通过了出厂验收, 达到了预想的设计目标。

4 结语

对微机控制柴油机步进调速系统的研究及改进, 满足了内燃机车步进调速控制的需要, 对柴油机的调速性能有很大改善。后续还将有多台同样配置的内燃机车对外出口, 该技术的应用将极大地节省人力物力, 在内燃机车上存在广泛的实用性和经济性。

参考文献:

- [1] 郑荫明, 等. 对柴油机调节器调速弹簧有关问题的探讨[J]. 内燃机车, 2002(7).
- [2] 李晓村. 内燃机车柴油机[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002.
- [3] 任湘辉, 张伟. DF_{8B}型内燃机车低恒速控制研究[J]. 机车电传动, 2009(4): 19-20.

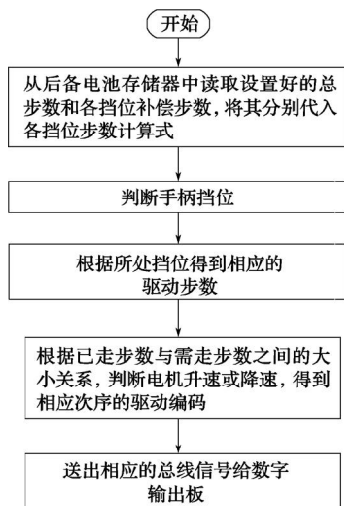


图3 调速模块程序框图