

文章编号 10258-2724(2000)06-0633-04

基于 LonWorks 技术的摆式列车 倾摆测控网络试验研究

王雪梅¹, 菅晓利²

(1.西南交通大学机械工程学院,四川成都610031;2.西南交通大学机车车辆研究所,四川成都610031)

摘要:就 LonWorks 技术在摆式列车倾摆测控网络系统中的应用进行了研究。试验表明采用 LonWorks 技术构成的摆式列车倾摆测控网络系统具有高的可靠性和好的实时性,该研究为 LonWorks 技术在摆式列车倾摆测控系统中的最终成功应用提供了理论和试验依据。

关键词:摆式车体 测量控制网 通信 试验

中图分类号:U28 文献标识码:A

Experimental Research on Train Tilting Measurement-Control Network Based on LonWorks Technique

WANG Xue-mei¹, JIAN Xiao-li²

(1. School of Mechanical Eng., Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China; 2. Inst. of Rail Vehicles, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: The paper has researched the application of the LonWorks technique to train tilting measurement-control network. Experiment shows that the train tilting measurement-control network based on LonWorks is of high reliability and good real-time property, which provides theoretical and experimental bases for further research.

Key words: tilting bodies; control networks; communications; experiment

摆式列车的倾摆控制系统包括检测、通信和控制几方面,是一个典型的测控系统。选用恰当的测控网络进行列车的控制系统开发,对于减少开发周期,保证通信网络的可靠性以及摆式列车运行的安全性都是至关重要的。本文中采用 LonWorks 技术构成摆式列车倾摆测控网络系统,并在摆式列车模拟试验台上进行了试验研究。

1 摆式列车倾摆测控网络

摆式列车倾摆控制系统主要完成车辆的倾摆控制,分为检测、控制、通信及伺服倾摆系统4部分(如图1)。检测系统负责给主控计算机提供列车运行状态信息,如未平衡加速度值大小、运行速度、列车进出曲线的信息。主控计算机依据此信息按照一定的控制算法计算出车体所需要的倾摆角度,通过通信系统把倾摆指令传输给各车辆中的伺服倾摆控制器,并负责整个倾摆系统的故障监控。伺服倾摆控制器根据倾摆指令控制伺服倾摆系统动作,完成车体倾摆。

摆式列车测控网络是联系列车内部各测控节点与头车内主控计算机的功能组件。其作用是向各车辆内控制部件传送主机的控制命令,以及将车辆内的各类传感检测信号数据传送给主机。其组成部分包括:

收稿日期 2000-06-01

基金项目 铁道部科技发展项目(99J45-E)

作者简介 王雪梅(1968-),女,讲师,博士研究生。

- (1) 联系主机与各车辆测控组件的通讯网；
- (2) 通讯网与主机及各测控节点的接口电路；
- (3) 能满足可靠性高、实时性好及多种通讯联络方式的网络协议；
- (4) 实现数据传送的软件系统。

将倾摆控制系统单独构成一个网络,可突出系统的重点与难点,简化倾摆控制系统的设计。

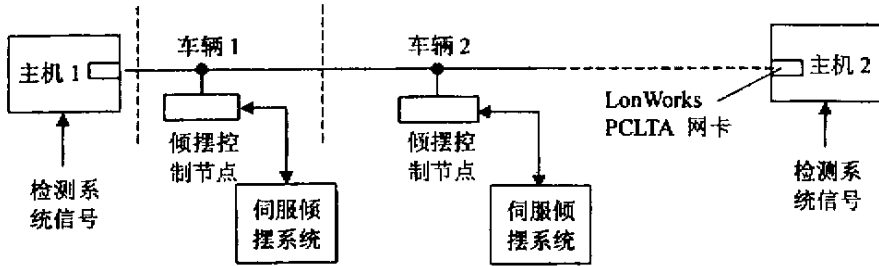


图1 倾摆控制系统结构简图

主机位于机车驾驶室内,其主要任务是完成车体倾摆控制和整个控制网络的管理。具体功能如下:

① 根据检测系统所提供的信息,实时计算出列车各车辆所需要的倾摆控制指令,并把控制指令下发到各车辆;

- ② 负责整个网络的管理和维护;
- ③ 整个控制网络的故障诊断;
- ④ 完成 MMI 的指令和显示;
- ⑤ 数据记录及故障评价。

各车辆中倾摆控制节点根据主机的倾摆指令完成对伺服倾摆装置的控制,实现车体的倾摆,是一个伺服随动控制器。同时,它把整个伺服倾摆系统的状态及车体倾摆角度上报主计算机。

如果控制网络的响应足够快,各相邻车辆中的控制节点还可以进行相互通信,进行故障检测。

2 LonWorks 控制网络特点

(1) LonWorks 技术的基本元件——Neuron 芯片,同时具备了通信与控制功能,并且固化了 ISO/OSI 的全部 7 层通信协议,以及 34 种 I/O 控制对象;

(2) 改善了 CSMA, LonWorks 称之为 predictive p-persistent CSMA。这样,在网络负载很重时,不会导致网络瘫痪;

(3) 网络通信采用了面向对象的设计方法, LonWorks 技术将其称之为“网络变量”。使用网络通信的设计简化为参数设置,节省设计工作量,增加通信的可靠性;

(4) LonWorks 技术的通信每帧有效字节数可以从 0~228;

(5) LonWorks 技术的通信速度可达 1.25 Mb/s(有效距离 130 m);

(6) LonWorks 技术一个测控网络的节点可达 32 000 个。

LonWorks 技术的网络通信对用户(程序员)来讲是完全透明的, Neuron 芯片固化了 ISO/OSI 的全部 7 层通信协议,同时 LonWorks 技术符合 IEEE1473-1999L 车载数据通信标准^[1],因此采用 LonWorks 技术进行网络开发是非常有利的。

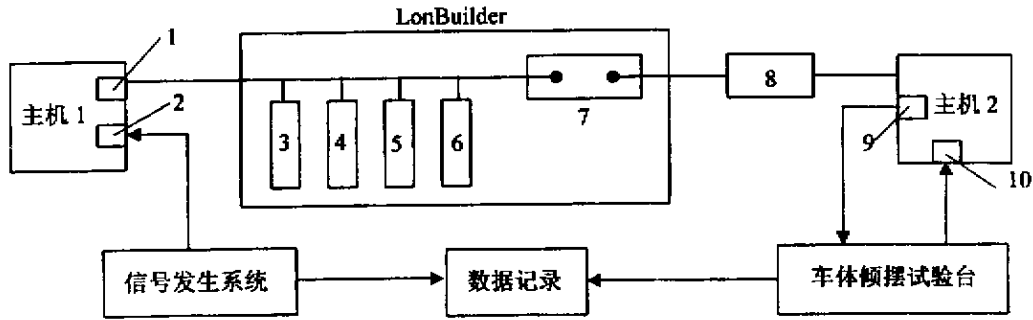
3 试验研究

3.1 试验系统

主机 1 和主机 2 分别位于头车和尾车。假定主机 1 分别位于列车前进方向,它主要完成产生倾摆指令、整个控制网络管理、整个控制系统的中央故障诊断以及提供 MMI 界面。位于尾车的主机 2 完成故障记录和评价,并负责对主机 1 进行监控,一旦发现主机 1 出现故障,可提示司机采取相应对策,如减速运

行,通知各车辆控制节点复位,使车体回到水平位置,锁紧倾摆机构,按普通客车使用。

为了验证 LonWorks 网络技术构成的摆式列车倾摆测控网络的可靠性、实时性,利用 LonWorks 网络开发工具 LonBuilder^[2],PCLTA 和 SLTA-10 两个网络接口卡构成网络通信系统,并对主动悬挂倾摆试验台进行控制试验。试验系统构成如图 2 所示。它由主机 1、主机 2、网络开发工具 LonBuilder、信号发生系统、倾摆试验台及信号记录设备等组成。



1. LonWorks PCLTA 网卡; 2. A/D 卡; 3. 协议分析器; 4. 网络管理器; 5. 仿真器 1;
6. 仿真器 2; 7. 路由器; 8. LonWorks SLTA-10 网卡; 9. D/A 卡; 10. A/D 卡

图 2 倾摆控制网络试验系统结构图

系统中主机 1 和主机 2 为微计算机。主机 1 通过 PCLTA 网络接口卡与网络相连,通信速率为 1.25 Mb/s。这里,主机 1 模拟头车中的主控制节点,它内插有 A/D 卡,用来采集信号发生系统产生的指令信号,经处理后以网络变量的形式发送到网络上。主机 2 模拟车辆控制节点,它通过 SLTA-10 网络接口卡与网络相连,接收主机 1 通过网络发送来的倾摆指令信号,通信速率为 78 kb/s。二者模拟 1 动 1 拖动车组形式。主机 2 内还插有 A/D 和 D/A 转换卡,A/D 卡用来采集倾摆试验台机电伺服倾摆机构的位移反馈信号,进行 PID 控制以后通过 D/A 卡发送倾摆驱动信号驱动倾摆试验台。两台微机之间的通信介质为 100 m 的双绞线。LonBuilder 包括网络管理器、协议分析器、两个仿真器及一个路由器。系统运行前利用网络管理器对网络系统进行安装和捆绑;系统运行中,利用协议分析器对网络交通进行监视和分析。倾摆试验台为机电伺服式倾摆试验台^[3]。试验过程中使用另一台计算机记录指令信号和倾摆试验台的位移反馈信号数据。

3.2 试验数据及分析

(1) 正弦波输入响应

试验设备连接好以后,由信号发生器产生一定频率的正弦波信号作为指令信号输入主机 1 进行通信、控制试验。通过协议分析仪统计可知,在整个试验过程中,误码率为万分之一以下,没有数据包丢失发生,平均每秒发送 120 个以上的数据包,试验结果表明网络通信可靠。

车体试验台在试验过程中基本运行平稳,但也存在一些抖动。它主要受系统结构和控制策略的影响。在本试验中可以通过对 PID 参数的整定使抖动得以改善。

如图 3 横坐标为时间轴,单位为 s,纵坐标为输入信号或位移传感器输出幅值,单位为 V,其中位移传感器标定为 16.33 V/m。当输入的正弦波信号周期为 3.081 s,PID 控制参数为: $K_p = 18.5$, $K_i = 0.03$, $K_d = 0.08$ 时,输入指令信号与位移反馈信号之间有约 0.25 s 的延时;而 $T = 3.783$ s, $K_p = 15.5$, $K_i = 0.01$, $K_d = 0.04$ 时,延时约为 0.36 s。试验表明,当 K_p 取 40 左右时可以获得最快的响应速度。

输入指令信号与位移反馈信号之间的延时包括网络传输延时和倾摆系统响应延时。当网络通信速率为每秒 120 个数据包时,通过协议分析仪统计结果可以知道,由网络传输造成的时延在 10 ms 以内,在总的时延中占据很小的份额。系统的延时主要是由倾摆系统造成的^[4]。可见,网络通信不会对系统的工作造成影响,具有很好的可靠性和实时性。

(2) 梯形波输入响应

当列车匀速通过一段完整的曲线时,需要补偿的离心加速度信号可以近似看作梯形波信号。对试验

系统输入梯形波信号作为指令信号进行试验,系统响应曲线如图4所示。可以看出,系统对梯形波信号的响应比较灵敏,系统跟随性也很好。网络通信情况与正弦波输入时相似。

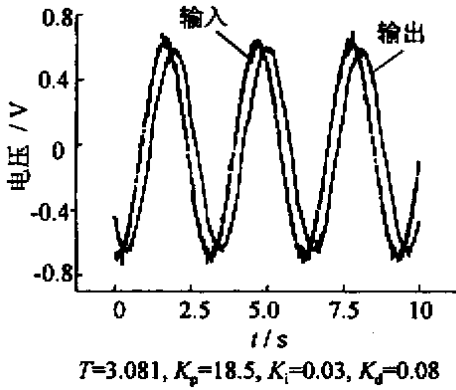


图3 正弦波信号输入响应曲线

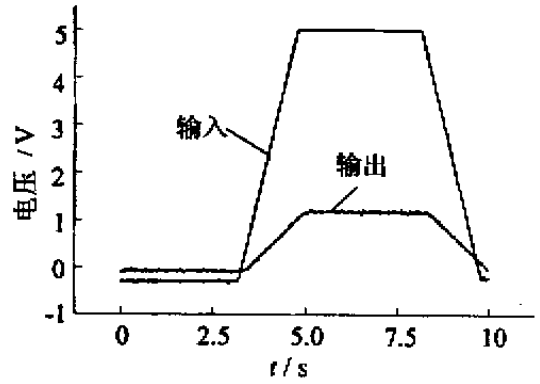


图4 梯形波信号输入响应曲线

4 结论

倾摆测控网络技术是摆式列车研制的关键技术之一。LonWorks 网络技术是一种新型的现场总线技术,它符合 IEEE 车载数据通信标准,适应未来的发展,具有很多的优点,有利于摆式列车倾摆控制网络系统的开发研制。在倾摆试验台上进行通信、控制试验的结果表明,使用 LonWorks 网络作为摆式列车倾摆测控网络,具有较好的实时性和可靠性。

参考文献:

- [1] IEEE Standard for Communications Protocol Aboard Trains(IEEE Std 1473-1999] S]. New York :The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. 1999.
- [2] Echelon Corporation. LonBuilder User 's Guide[S]. 1997.
- [3] 倪文波. 摆式客车机电式倾摆系统研究 J]. 铁道学报, 1999, 21(5): 20~23.
- [4] 刘荣. 摆式列车机电式倾摆机构试验研究 D]. 硕士学位论文. 成都:西南交通大学, 1999.