

文章编号: 1005-8451 (2011) 09-0010-04

## 网络化高压不对称脉冲轨道电路的研制

黄赞武, 李绍斌

(北京交通大学 电子信息工程学院, 北京 100044)

**摘要:** 分析现有高压不对称脉冲轨道电路现状, 提出一种网络化高压不对称脉冲轨道电路方案, 解决分路不良和信息传输衰减的问题, 同时也简化了工程施工, 降低了工程造价, 为信号设备智能化以及从故障修到状态修的转变提供了很好的现场条件。

**关键词:** 轨道电路; 分路不良; 网络化; 高压不对称脉冲

**中图分类号:** U284

**文献标识码:** A

### Development of networked high voltage asymmetric pulse track circuit

HUANG Zan-wu, LI Shao-bin

(School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** This paper analyzed the status of existing high-voltage asymmetric pulsed track circuit, proposed a networked high-voltage asymmetric pulsed track circuits solution, resolved the problem of defective shunting and information transmission attenuation, simplified the construction, reduced the project cost, provided a very good condition for Intelligence of signal equipment and the conversion from fault repair to state repair.

**Key words:** track circuit; defective shunting; networked; high voltage asymmetric pulse

轨道电路是铁路信号系统中重要的设备之一, 它最基本的功能是检测轨道区间列车占用情况, 是车站联锁和区间控制的基础。因此, 轨道电路的安全直接影响着行车的安全。

轨道电路由于受外界恶劣环境影响, 如钢轨轨面锈蚀、轨面粉尘堆积和车辆轮对锈蚀等, 使得车辆轮对与钢轨轨面接触不良, 从而造成有车占用轨道而不能检测出来, 错误解锁、道岔中途转换, 带来挤岔、脱线、冲突等事故隐患, 成为急需解决的安全技术问题。

### 1 高压不对称脉冲轨道电路发展现状

在采用轨道电路的铁路系统中, 轨道电路分路不良是普遍遇到的问题。

法国铁路采用高压电冲轨道电路, 后来发展为高压不对称脉冲轨道电路来解决站内分路不良的问题。

日本铁路在大多数分路不良区段将接收端电压调整到 3 V 以上, 取得了良好的效果, 对于走车非常少的区段, 开发了脉冲轨道电路, 采用 100

V 高压脉冲解决分路不良的问题, 取得了非常好的效果。

我国铁路研制了 GZ-2007A 型多特征脉冲轨道电路, 通过提高轨面不对称脉冲的电压的方式, 以高压击穿锈层, 用于解决生锈严重区段的分路不良问题。

本文提出了一种网络化高压不对称脉冲轨道电路的方案, 此方案采用高压不对称脉冲击穿轨间的锈层, 接收端的设备分为室内智能控制器和室外信号采集设备, 室内、外的设备均实现了智能化, 室内、外设备的联络方式不再使用信号电缆的传输方式, 而是采用 CAN 总线通信方式。采用信号电缆的传输方式, 每个轨道电路都需要一对电缆, 而采用 CAN 总线通信方式, 一个站场上所有的轨道电路都共用一对通信电缆即可。

### 2 网络化高压不对称脉冲轨道电路技术方案

为了节约现场设备投资成本, 提高铁路现场设备的智能性, 在充分考虑系统可靠性和保证故障-安全原则的前提下, 本文在 GZ-2007A 型多特征脉冲轨道电路基础上提出了一种基于数字信号处理 (DSP) 技术和现场总线 CAN 网络技术的高

收稿日期: 2010-11-10

作者简介: 黄赞武, 讲师; 李绍斌, 讲师。

压不对称脉冲轨道电路方案。利用具有针对性的高速滤波算法,提高设备抗干扰能力,利用高可靠性的实时CAN总线网络,使铁路现场设备智能化。

## 2.1 方案设计

考虑一个区段的轨道电路,构成如图1。

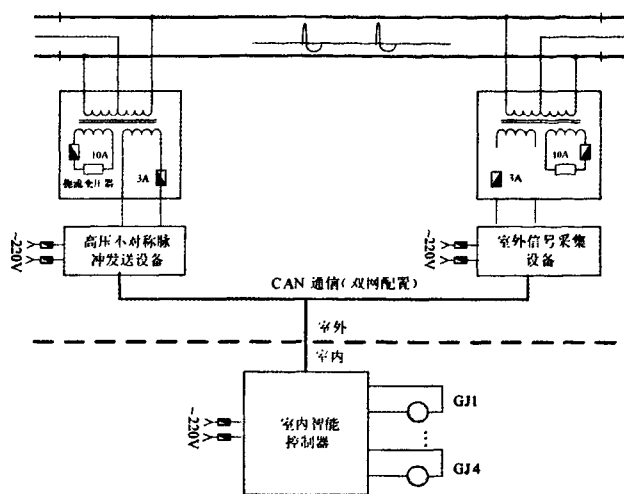


图1 网络化高压不对称脉冲轨道电路结构框图

信号采集设备利用DSP技术将轨面电压信号进行滤波处理并进行频谱分析,得到高压不对称脉冲信号的特征值,利用CAN现场总线将特征值发送到室内的控制器。室内智能控制器安装在继电器架上,通过对特征值的判断,得出轨道是否被分路的结论,室内智能控制器设有LCD显示屏,显示实时高压不对称脉冲信号的特征值及变化情况,并且通过键盘可以设置分路的阈值,调整轨道电路参数,轨道继电器的驱动采用动态安全电路。1台室内智能控制器可以监控4台室外信号采集设备和高压不对称脉冲发送设备,通过CAN现场总线形成1个总线网络,室内外的连接只通过1条CAN通信电缆完成,避免了传输衰减,简化了现场施工,节约了电缆成本。

## 2.2 室内智能控制器设计

选用TiniARM T23A系列工控模块作为系统核心,T23A是成熟的工业级嵌入式控制模块,经过严格测试,内含LPC2366和工业级的TCP/IP协议芯片,用户只需在底板上设计系统的外围接口电路即可。根据系统功能,外围电路包括:CAN隔离收发器、动态隔离驱动电路、输出信号回检电路、故障检测电路、LCD接口、键盘接口等,轨道电路内部结构如图2。

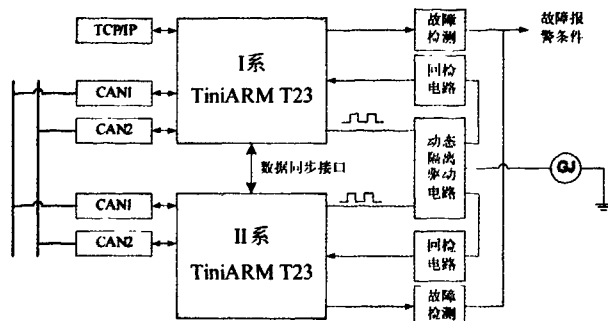


图2 室内智能控制器的内部结构图

采用二乘二取二的安全型构架,I系和II系通过串行总线同步数据,两系计算机分别通过CAN1和CAN2获取室外信号采集设备通过CAN总线发送来的轨道参数信息,进行比较,确认都正确后分别输出动态脉冲,共同通过安全驱动与门输出GJ的驱动电压。

同时,为了保证系统可靠性,2台室内智能控制器热备运行,共同驱动1个轨道继电器,当1台室内智能控制器出现故障时,不影响整个系统的输出。CAN1和CAN2也是双网热备,增加了通讯的可靠性。

## 2.3 室外信号采集设备设计

室外信号采集与处理设备结构如图3。

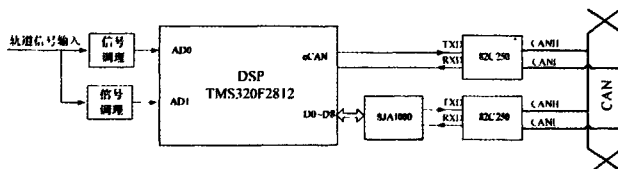


图3 室外信号采集与处理设备结构图

当轨道信号经过隔离和调理后,输入到DSP (TMS320F2812)时,由DSP内部的12 bit A/D转换器将模拟信号变换为数字信号,经DSP进行信号检测与处理后,将有用信号通过DSP内部的增强型CAN控制器(eCAN)将信号传送给CAN总线收发器82C250,由82C250将信号传送到CAN总线上。

为了增加信号采集与处理的可靠性,采用双机热备技术,当其中1个DSP出现故障时,则由另1个DSP进行采集和处理。为了增强系统的信号传输的可靠性,采用双路CAN信号收发方式。由于TMS320F2812内部只嵌入1个CAN控制器模块,因此需要再外接1路CAN控制器,用SJA1000作为另1个CAN控制器,以实现双CAN

通信模式。

3 方案的优点

我国铁路的轨道电路，无论是 480 型轨道电路，还是 25 Hz 相敏轨道电路或 ZPW2000 型轨道电路，都是以信号电缆作为室内、外的传输媒介，这样的方式带来很多问题：(1) 电缆的电阻对轨道电路影响很大，当区段距离较远时，往往要进行加芯处理，以降低信号在传输通道上的衰减。(2) 有些还需要设置电缆模拟盘对不同区段的特性进行补偿。(3) 当区段数量较多时，电缆的耗费很大，不仅大大增加施工的难度而且工程费用也增加很多。

基于以上原因，网络化高压不对称脉冲轨道电路利用 CAN 总线通信方式，实现室内、外信号的传输。这种技术的优点如下：

(1) 各轨道电路之间可以建立智能通信网络，有利于对区段占用的逻辑进行判断，并可以有效防止区段闪红等故障情况。

(2) 避免了信号在电缆中的衰减，系统采用数字化通信技术，在传输过程中可以实现零衰减，使得轨道电路的调整变得简单。

(3) 采用智能网络节点接收轨道电路的信号，这种网络节点可以通过网关连接到铁路系统设备监测系统（如：微机监测）中，可以实现信号设备从“故障修”到“状态修”的跨越。

(4) 采用数字通信方式可以大量节省电缆，减少工程施工量。采用数字通讯方式连接室内外，1 个车站只铺设 1 根通信电缆即可，站场中各轨道电路之间组成总线型的网络拓扑。

4 实验测试

网络化高压不对称脉冲轨道电路研制成功后，在现场进行了测试实验，得到了大量的测试数据，测试数据表明，该轨道电路各项参数符合现场要求，表 1 为其中一项的测试参数。

表 1 中的参数介绍：

(1) 电压档：发送器通过跳线可以选择 200 V、300 V 等档位。

表 1 轨道电路参数测试表—调整状态 (200 V 档)

发送器参数		参数	送端 (V)	送端 轨面	受端 轨面	受端 (V)	T <sub>OUT</sub> (V)	DSP 采集	GJ 参数 电压	状态
200 V	3.25 HZ	波头峰值	236	72	72.8	240	17.6	16.4		
		波尾峰值	-82	-24	-21.6	-75	-6.2	-5.5	30.2/27.4	↑
		信号频率	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26		
	3.50 HZ	波头峰值	232	70	71.2	238	17.4	16.1		
		波尾峰值	-82	-22	-21.6	-74	-6.2	-5.5	30.2/27.4	↑
		信号频率	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51		
	3.75 HZ	波头峰值	226	68	69.6	232	17	15.8		
		波尾峰值	-80	-22	-21.6	-72	-6.0	-5.4	30.2/27.4	↑
		信号频率	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75		
	4.00 HZ	波头峰值	218	68	68	226	16.8	15.4		
		波尾峰值	-76	-22	-20.8	-72	-5.8	-5.2	30.2/27.4	↑
		信号频率	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00		

(2) 频率：高压不对称脉冲发送器设置了 4 种频率：3.25 Hz、3.50 Hz、3.75 Hz、4.00 Hz。

(3) 波头峰值：高压不对称脉冲最大值。

(4) 波尾峰值：高压不对称脉冲最小值。

(5) 信号频率：高压不对称脉冲的频率。

(6) TOUT：系统从受端采集信号后，经过变换后的输出，因为其中经过了 1 个 8:1 的变压器降压，所以称为 TOUT。

(7) DSP 采集：室外接收器采样 DSP 技术对采集信号进行处理，其中包括 FIR 滤波和一些数据处理算法，计算出采集的参数。

(8) 30.2/27.4：表示当主备机同时工作时输出的轨道继电器电压为 30.2 V，当主机或备机单独工作时轨道继电器电压为 27.4 V。

通过对实验数据分析，可以得出如下结论：

(1) CAN 通信正常。在现场干扰信号比较复杂的情况下，CAN 通信稳定可靠，满足实时性要求；

(2) 能精确测量轨道受端电压，并在 LCD 上显示其电压和频率参数；

(3) 信号主要特征参数频率的测试精度小于 0.5%；

(4) 轨道继电器的端电压在备机也起作用时达到 30 V 以上，单机起作用时为 27 V 以上，完全满足 JWXC-1700 的工作电压要求；

(5) 轨道电路的反应时间满足铁路相关要求。

5 结束语

本文在 GZ-2007A 型多特征脉冲轨道电路的 (下转 P16)

多, 故其更接近正态函数分布曲线。

### 3.4 灵敏度分析

图6、图7分别为基于蒙特卡罗法和基于混合模拟法的目标变量Z值灵敏度分析图。对目标变量Z值进行灵敏度分析, 通过判断输入随机变量在柱状图中的长度和在饼状图中所占比例得出随机变量对可靠性影响的程度, 即可分清哪些因素是影响可靠性的重要因素, 哪些是次要因素。

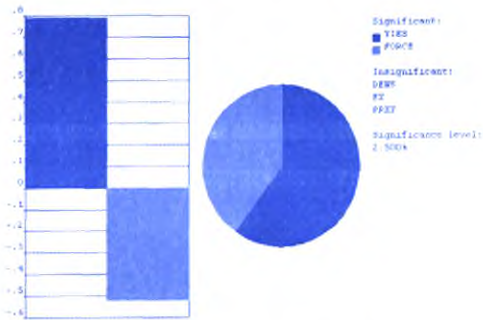


图6 基于蒙特卡罗法的灵敏度分析

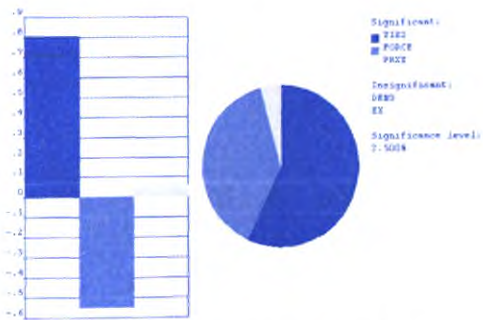


图7 基于混合模拟法的灵敏度分析

通过对比图6、图7可以看出, 蒙特卡罗的灵敏度分析仅能得到许用应力与载荷等两个输入变量对构架可靠性的影响; 混合模拟法的灵敏度分

析可以得到许用应力、载荷和泊松比等3个输入变量对构架可靠性的影响。由此可见, 混合模拟法灵敏度更高, 分析结果更精确。

由图7可以看出, 影响构架可靠性的主要因素是许用应力, 其次为载荷, 再次为泊松比。

## 4 结束语

论文基于蒙特卡罗统计抽样, 形成实验设计数据, 拟合极限状态方程进行可靠性分析的思想。在ANSYS有限元分析软件支撑下, 采用基于蒙特卡罗与响应面混合模拟法, 对209系车辆构架可靠性进行了分析计算, 显示了该方法在可靠性分析中的高效性, 可为大型构件的可靠性分析提供参考。

参考文献:

- [1] 戚松, 赵洪伦, 王社峰. 运用ANSYS软件与蒙特卡罗法相结合的随机有限元方法进行车辆构件强度可靠性分析[J]. 铁道车辆, 2009, 47 (2): 6-9.
- [2] Stefan Reh, Jean-Daniel Beley, Siddhartha Mukherjee, Eng Hui-Khor. Probabilistic finite element analysis using ANSYS[J]. Structural Safety, 2006(28):17-64.
- [3] 张伟. 结构可靠性理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [4] 余伟伟, 高炳军. ANSYS在机械与化工装备中的应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [5] 顾典康. 209系列转向架构架强度试验分析[J]. 铁道机车车辆, 2004 (4): 11-12.
- [6] 张建国, 苏多, 刘英卫. 机械产品可靠性分析与优化[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [7] 铁道车辆强度设计及试验鉴定规范[S]. 北京: 中华人民共和国铁道部, 1996.

责任编辑 杨利明

(上接P12)

基础上, 提出了一种基于DSP技术和现场总线CAN网络的网络化高压不对称脉冲轨道电路方案, 研制出了接收端设备, 包括接收端室内控制器和接收端室外信号采集器。经过现场试验, 可以达到轨道电路的应用要求, 同时在设备智能化和节约电缆成本等方面有突出的优点, 是一种有广泛应用前景的轨道电路。

参考文献:

- [1] 邓昌盛, 邱宽民. 不对称脉冲轨道电路接收系统的改进方案[J]. 铁道通信信号, 2001, 37 (3).
- [2] 李肖兵. TBTC下的分路不良对策与管理方法[J]. 铁路通信信号工程技术, 2008, 5 (4).
- [3] 赵杰, 邱波. 对轨道电路分路不良的解决方案探讨[J]. 铁道通信信号, 2010, 46 (5).

责任编辑 杨利明