

文章编号:1004-1478(2011)01-0054-05

电力机车自动过分相系统 信号处理器的系统设计

刘建秀, 谷明辉

(郑州轻工业学院 机电工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要:针对电力机车自动过分相信号处理问题,以 GFX—3 型车载自动过分相系统功能原理为基础,设计了自动过分相系统信号处理器。该系统应用西门子 S7—200 PLC 作为信号处理器的核心控制器件,采用光电耦合、抗干扰、电路保护并配合软件,进行信号采集与处理电路(即 PLC 外围电路)的设计,从自检、屏蔽、响应及输出等功能出发进行 PLC 程序的设计,解决了电力机车自动过分相时机车定位信号和机车行进方向信号的调整问题。试验结果表明,该系统的信号处理准确率比 GFX—3 型系统提高了 1.2%,具有实用性和推广价值。

关键词:电力机车;自动过分相;信号处理器;PLC

中图分类号:TP27

文献标志码:A

Design of signal processor in system of electric locomotive's auto-passing the phase division

LIU Jian-xiu, GU Ming-hui

(College of Mech. and Electr. Eng., Zhengzhou Univ. of Light Ind., Zhengzhou 450002, China)

Abstract: To save the problem of signal processing in electric locomotive's passing the phase division, the signal processor of system of electric locomotive's auto-passing the phase division on the base of GFX - 3 system function was designed. Using Siemens S7 - 200 PLC as core control unit of signal processor in system of electric locomotive's auto-passing the phase division. The electro-circuit of signal collecting and settling is designed from such aspects as photo-coupling, anti-interference, circuit protection and matching software to perform function. The PLC program is designed from the needful functions such as self-checking, shielding, responding and exporting. And so signal processor achieves the function of adjusting the original signal of system of electric locomotive's auto-passing the phase division. The results of the test showed that the system's signal processing accuracy rate has a 1.2% increase compared with the GFX - 3 system and so it may be used with practicability and value in the future.

Key words: electric locomotive; auto-passing phase division; signal processor; PLC

收稿日期:2010-10-18

基金项目:河南省重点科技攻关项目(072102240025)

作者简介:刘建秀(1962—),女,山西省洪洞县人,郑州轻工业学院教授,博士,主要研究方向为机械制造科学与工程技术材料。

0 引言

高速重载是中国铁路的发展方向. 随着列车运行速度的提高和电气化铁路运营里程的延长,对机车车辆安全运行标准的要求也越来越高,而对过分相的技术处理是电气化铁路高标准运营的关键所在. 电力机车自动过分相系统是针对电力机车过分相而开发的,可解决电力机车过分相的自动化问题. 国外电力机车车载自动过分相技术十分成熟,已完全满足高速重载列车的运行需要,但属于前沿科技,尚不处于开放状态. 我国自主研究的自动过分相技术起步较晚,发展到现阶段基本可以满足日常客货营运要求,但仍跟不上我国日新月异的现代化建设步伐. 目前,广铁集团科研所研制的 GFX—3 型车载自动过分相系统被全国铁路系统普遍使用,但在使用过程中发现此系统误动作的现象或有发生,虽鲜见,但会造成严重后果. 基于此原因,本文拟以 GFX—3 型车载自动过分相系统功能原理为基础,自主开发自动过分相系统信号处理器,以期提高过分相信号响应的准确性^[1].

1 信号处理器功能

电力机车自动过分相系统由信号处理单元和微机控制单元 2 部分组成,笔者阐述的是信号处理单元即信号处理器的设计. PLC 是一种以微处理器为核心,专为工业现场应用而设计的自动化控制装置,具有系统稳定、抗干扰能力强、可靠性高、体积小、使用方便等优点^[2]. 所以,信号处理器选择西门

子 S7—200 PLC 作为自动控制核心器件,来实现自动过分相系统的信号处理.

机车是通过感应地面定位信号确定机车与分相点的相对位置的,地面定位器和机车感应接收器分别采用斜对称埋设和备份接收的方式,以保证自动过分相的安全可靠. 地面定位信号的拾取依据电磁感应原理,地面定位器是嵌入到轨枕里的永久磁铁,而机车上的感应接收器是电磁感应线圈. 感应接收器安装于机车下部转向架的两侧,共 4 个,前后相互备份. 在机车行驶过程中,当感应接收器划过地面定位器时,感应接收器产生的感应电动势即为地面定位信号^[3].

感应接收器在机车上的安装位置示意图如图 1 所示. 地面定位器的埋设方式如图 2 所示.

自动过分相系统工作过程如下.

机车运行至 $G_1(G_4)$ 点,感应接收器感应到预告地面定位信号,信号处理器接收该信号并向微机控制单元发出过分相预告断信号(持续 3 s),微机控制单元根据此时机车运行速度,控制牵引电机电流使其平稳下降到 0,发出断“主断”信号给机车控制执行回路,控制机车断劈相机、断“主断”. 当 $G_1(G_4)$ 信号失效时,机车运行至 $G_2(G_3)$ 点,自动过分

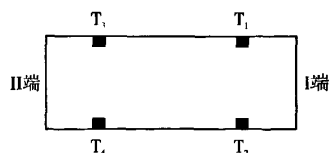


图 1 感应接收器在机车上的安装位置示意图

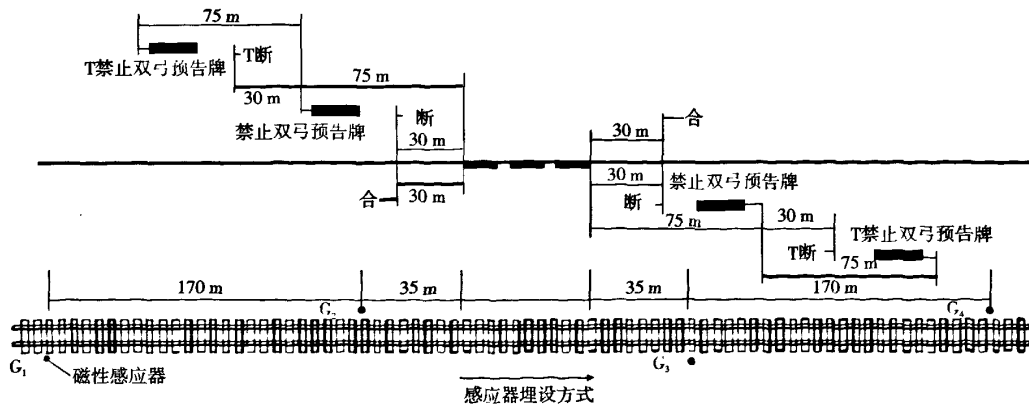


图 2 地面定位器的埋设方式

相信号处理器接收强迫地面定位信号,并向微机控制单元发出过分相强迫断信号(持续1s),微机控制单元立即封锁电机电流,发出“主断”信号给机车控制执行回路,控制机车断劈相机、断“主断”。在正常接收到 $G_1(G_4)$ 信号时, $G_2(G_3)$ 信号(强迫断模式)不起作用。机车通过分相(无电)区后,路过 $G_3(G_2)$ 点时,信号处理器接收到合闸地面定位信号,继而发出恢复信号(持续3s)给微机控制单元,微机控制单元随即发出合“主断”信号给机车控制执行回路,控制机车合劈相机、合“主断”。之后,微机控制单元控制电机电流缓慢恢复到过分相前的工况。在正常接收到 $G_3(G_2)$ 信号时, $G_4(G_1)$ 信号不起作用^[4]。

自动过分相系统信号处理器的功能是:接收来自4个感应接收器的机车定位信号和机车行进方向信号,经过PLC外围电路转换成开关信号之后,输入PLC,经PLC处理后,最终在PLC输出端输出需要的信号,包括预告断信号、强迫断信号和恢复信号,这3个信号即为自动过分相系统微机控制单元的输入信号。由于预告断信号和恢复信号持续时间相同,都是3s,且在不同时间输出,所以它们在PLC的输出端可共用一个输出通道,以节省PLC接口资源。

2 系统设计

机车实际运行中,会出现以下2种情况:1)开机时和接收信号后产生的升降牵引电机电流及断合“主断”等动作将导致电磁环境更加恶劣;2)电力机车行进时,在过分相前,若正常接收到 $G_1(G_4)$ 信号,则 $G_2(G_3)$ 信号不起作用,过分相后,若正常接收到 $G_3(G_2)$ 信号,则 $G_4(G_1)$ 信号不起作用。对此,信号处理器采取的屏蔽信号输入的措施为:1)开机时或过分相后接收到恢复信号时,屏蔽接收信号2min,之后再开始接收信号;2)过分相点之前,当接收到预告信号和强迫信号时,屏蔽接收信号16s,之后再开始接收信号^[5]。

为保证系统的安全性,信号处理器亦针对4路感应接收回路采取了自检措施:在屏蔽接收信号结束时,对4路感应接收回路自检一次,当检测到4路回路均完好时,正常信号指示灯(绿灯)亮;当检测

到有1路、2路或3路回路有故障时,故障信号指示灯(红灯)闪亮;当检测到4路回路皆有故障时,故障信号指示灯(红灯)常亮。

2.1 外围电路设计

PLC外围电路是把自动过分相系统信号源转换成电子开关信号的电路,并利用光耦TPL521进行信号的隔离耦合。

机车行进方向信号是直流信号,是由机车司机手动控制的机械开关控制加载的。在此信号处理回路中,在光耦的输入端电路中串联了稳压管,用以防止环境电磁噪声的干扰;并联了与光耦中的二极管反向的二极管,用以保护光耦免受反向电压的袭击;串联了分压电阻,并联了分流电阻,以保护光耦。在光耦的输出端电路中,增加了用以保护PLC输入端的分流电阻^[6]。信号处理电路示意图如图3所示,该图只是示意图,并非实际应用电路图,其中2个机车行进信号处理回路只画出了1路, $I_{0.x}$ 代表 $I_{0.4}$ 和 $I_{0.5}$;4个机车定位信号处理回路也只画出了1路, $I_{0.y}$ 代表 $I_{0.0}$ 、 $I_{0.1}$ 、 $I_{0.2}$ 和 $I_{0.3}$ 。

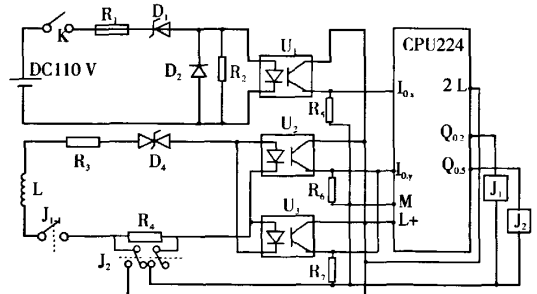


图3 信号处理电路示意图

机车定位信号,即感应接收器电磁感应产生的感应电动势,是交流信号,该信号的处理与机车行进方向的信号处理类似,但因交直流的区别,又有很大不同。不同之处在于:在光耦的输入端电路中串联了双向稳压管,以防止环境电磁噪声的干扰,也可以不串联任何稳压管,以提高接收机车定位信号的灵敏度;对一个信号处理回路使用了2个光耦,2个光耦输入端反向并接,输出端同向并接,而且没有必要像直流信号处理电路那样再并联接入用以保护光耦的二极管。

信号处理器的自检和屏蔽接收信号这2种功能是采用软硬件结合的方法来实现的,且都用DC

24 V继电器作耦合中介. PLC 程序在对应的时机接通作为继电器 J_2 电源的 PLC 输出端,继电器 J_2 动作,即断开了串接在信号处理电路上的继电器常闭触点,从而断开了机车定位信号处理回路,达到了屏蔽接收信号的目的. 自检功能的实现则是由 PLC 程序在对应的时机接通作为继电器 J_1 电源的 PLC 输出端,继电器 J_1 动作,依靠该继电器触点,创造另外一个模拟的机车定位信号源,而接通的仍是原机车定位信号处理回路,从而达到检测机车定位信号处理回路的目的.

本电路与 GFX—3 型自动过分相系统信号处理器外围电路相比,在屏蔽功能及抗干扰功能方面作了实验性修改. 本电路采用直接断开需屏蔽回路的方法,可彻底屏蔽接收信号,操作简单、直接. 在机车定位信号处理回路上串联了双向稳压管,提高了抗电磁干扰的性能^[7].

2.2 PLC 程序设计

由上述分析可知,信号处理器系统须用到 PLC 共 6 个数字量输入点,6 个数字量输出点. 系统选用的是西门子 S7—200 CPU224 继电器输出型 PLC,有 14 个数字量输入点,10 个数字量输出点,I/O 接口资源能够被合理使用. 信号处理器系统 PLC 的 I/O 地址分配如表 1 所示.

表 1 PLC 的 I/O 地址分配表

PLC 地址	功能
$I_{0.0}$	T_1 接收到感应信号
$I_{0.1}$	T_2 接收到感应信号
$I_{0.2}$	T_3 接收到感应信号
$I_{0.3}$	T_4 接收到感应信号
$I_{0.4}$	机车 I 端向前
$I_{0.5}$	机车 I 端向后
$Q_{0.0}$	强迫断信号(1 s)输出
$Q_{0.1}$	预告断(恢复)(3 s)信号输出
$Q_{0.2}$	屏蔽感应接收回路信号输出
$Q_{0.3}$	感应接收回路故障信号输出
$Q_{0.4}$	感应接收回路正常信号输出
$Q_{0.5}$	自检信号输出

由表 1 可知,预告断信号和恢复信号分时复用同一输出通道 $Q_{0.1}$. 在 PLC 程序中,各辅助存储器位如表 2 所示.

依据信号处理器整体设计原理,在 PLC 程序中

有 2 处因外围电路继电器触点动作的机械延时而不得不在软件程序中加以补偿的地方: 1) 在自检时,因为外围电路自检,继电器常开触点由断开到接通需要时间,所以程序中的自检保持时间(T_{38})不能过短. 经试验,自检保持时间 < 0.2 s 易使 4 个继电器不完全接通,所以将 T_{38} 的时间定为 0.3 s. 2) 自检过后,处理器等待接收信号,但自检继电器的常开触点从得电接通到失电完全断开仍有机械延时时间,所以在自检后状态和信号处理器等待接收信号状态之间仍需要加一个延时,否则,自检后未及时断开的触点有可能被误以为是地面定位信号而引起一系列的误动作. 试验表明,这个时间(T_{42})以 0.1 s 为宜^[8].

表 2 PLC 程序中各辅助存储器位列表

PLC 地址	功能
$M_{0.0}$	自检程序中, $I_{0.0}$ 动作后的状态
$M_{0.1}$	自检程序中, $I_{0.1}$ 动作后的状态
$M_{0.2}$	自检程序中, $I_{0.2}$ 动作后的状态
$M_{0.3}$	自检程序中, $I_{0.3}$ 动作后的状态
$M_{0.4}$	自检程序中, $I_{0.0}$ — $I_{0.3}$ 都未动作的状态
$M_{0.5}$	2 min 屏蔽后状态识别位
$M_{0.6}$	2 min 屏蔽、自检、延时 0.1 s 后状态识别位
$M_{0.7}$	16 s 屏蔽后状态识别位
$M_{1.0}$	16 s 屏蔽、自检、延时 0.1 s 后状态识别位
$M_{1.1}$	自检后(T_{38} 启动)状态识别
$M_{1.2}$	自检后且延时 0.1 s 后状态识别
$M_{1.3}$	开机状态识别
T_{37}	屏蔽信号持续 2 min
T_{38}	自检信号持续 0.3 s
T_{39}	预告断(恢复)信号持续 3 s
T_{40}	强迫断信号持续 1 s
T_{41}	屏蔽信号持续 16 s
T_{42}	自检后延时 0.1 s

2.3 试验结果

整机连接后,模拟现场环境,给自动过分相信号处理系统不同的激励信号,现场试验结果如表 3 所示.

从表 3 试验结果来看,该设计可在适当的时机输出需要的信号,完全达到预期效果,满足设计要求. 添加人为制造的干扰源(在感应接收器旁启停电机)后,本信号处理器误动作的几率为 1/53,与

表3 现场试验结果

	输入	输出
机车 I 端向前 (激励状态)	(过分相前) T_2 或 T_4 接收到感应信号	预告断信号 3 s
	(过分相前) T_1 或 T_3 接收到感应信号	强迫断信号 1 s
	(过分相后) T_1 — T_4 任一接收到感应信号	恢复信号 3 s
机车 I 端向后 (激励状态)	(过分相前) T_1 或 T_3 接收到感应信号	预告断信号 3 s
	(过分相前) T_2 或 T_4 接收到感应信号	强迫断信号 1 s
	(过分相后) T_1 — T_4 任一 接收到感应信号	恢复信号 3 s

GFX—3 型自动过分相系统信号处理器的误动作几率(1/32)相比,本信号处理器误动作几率减少了40%,准确率提高了1.2%。由此可见,本信号处理器的屏蔽与抗干扰能力在实验室条件下有明显的优越性。

3 结语

在电力机车自动过分相系统中,信号处理器是关键的前级部分,它的准确性直接影响电力机车的安全运营。笔者研制的信号处理器,除功能原理及外围电路原理有所借鉴 GFX—3 型系统外,其余设计包括 PLC 程序完全为自主开发,并对部分功能作

了试验性改进,与目前应用的 GFX—3 型信号处理器相比较,准确率提高了1.2%,能够更好地处理机车过分相时机车定位信号和机车行进方向信号的调整问题,为下一步机车自动过分相的微机控制和执行提供了更准确的信号源,具有实际应用和推广价值。

参考文献:

- [1] 孙传友,孙晓斌,李胜玉,等.测控电路及装置[M].北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [2] 李艳杰,于艳秋,王卫红,等.S7—200 PLC 原理与实用开发指南[M].北京:机械工业出版社,2008.
- [3] 吴学明,黄先进.嵌入式系统在车载自动过分相装置中的应用[J].铁路计算机应用,2009(6):31.
- [4] 姚孝刚.自动过分相系统设计与改进[J].机车电传动,2009(4):41.
- [5] 曾晓安,李明.大秦线车载自动过分相系统的研制与应用[J].机车电传动,2007(4):11.
- [6] 刘华伟.万吨组合列车“ANSC 自动过分相控制装置”的研制及应用[J].神华科技,2010(2):20.
- [7] 刘建秀,郑民欣.基于虚拟仪器的机电实验平台开发[J].电子测试,2008(11):30.
- [8] Piskunov S V, Efremov A P. Electric motors for drives of modern locomotive auxiliaries[J]. Russian Electr Eng, 2008(11):642.