

特种车辆电能综合管理系统设计

张玉程, 张晓东, 杨帆、王 龙

(内蒙古第一机械集团有限公司 包头 014032)

摘要: 基于 CAN、LIN 总线通信技术, 设计了一种适合 28V 供电体制的车辆电能综合管理系统。系统具备电子负载配电的远程控制、监控和管理功能, 设计了基于无触点控制的功率模块作为远程功率配电单元, 提出了适合特种车辆的电能管理策略。系统通过执行配电控制策略实现车辆电能智能化、综合化管理, 对车辆有限电能进行合理利用。系统在智能化、可靠性、实时性方面较传统半自动配电方式有了较大提升, 有效提高车辆供配电系统性能。

关键词: 电能管理; 配电策略; 功率模块

0 引言

电能作为车辆“血液”, 是车辆生存之本。车辆上绝大部分系统设备都要依靠电能来工作, 车辆电气系统性能优劣直接影响到了车辆整体性能。随着现代科技革命的快速发展, 车辆信息化、数字化进程不断深化, 车辆上电子设备的种类和数量迅速增加, 部件智能化水平迅速提升, 车辆对电气系统信息化、数字化要求随之迫切。车辆上发电机和蓄电池提供的电量是有限的, 如何将有限的电能最大限度的合理利用, 成为电能综合管理系统需要研究的重点内容之一。

传统半自动配电方式负载管理方式简单, 电网故障自检和隔离能力差、容错能力不足, 故障信息和负载状态不可追忆, 系统配置的可扩展性和灵活性差等问题影响了车辆整体性能的提高, 已经不能满足新型特种车辆信息化发展的需求。车辆电能综合管理系统就是在这种背景下研制。

1 概述

针对车辆电气系统的发展方向和实际使用需求, 结合实用性和经济性, 充分利用嵌入式技术和现场总线技术, 提出一种 CAN 总线和 LIN 总线并存的系统解决方案。设计的车辆电能综合管理系统是一个基于双冗余 CAN+LIN 总线的分布式网络控制系统。系统通过 CAN 主网和 LIN 子网远程访问和控制电子设备配电, 实现对电子负载的配电控制、监控和管理, 设计了基于无触点控制的功率模块作为远程功率配电单元, 利用配电终端执行配电控制策略实现电能智能化、数字化管理, 该系统与传统供配电系统相比有质的飞跃, 有效提升车辆供配电系统先进性和可靠性, 提升整车性能。同时为将来车辆多供电体制电气系统构建电能控制与管理平台。

2 总体设计

2.1 系统功能

- 系统具有车辆电能综合管理能力, 具有信息的获取、处理、分析和综合利用能力;
- 具有车辆各路电气设备过流、过压、欠压、短路保护和配电通/断、电流、电压状态实时监控功能;
- 具有受控电气设备远程控制功能;
- 具有故障报警和故障隔离功能;
- 具有车辆重要状态信息存储记录功能。

2.2 控制原理

电能综合管理系统对车辆时刻电能输入和输出进行统计, 配电终端针对不同任务剖面依据管理策略, 在网络上发送负载设备配电指令, 配电装置接到配电指令后, 对相应负载设备进行配电控制, 并实时上报通道配电状态信息。在配电终端上提示当前车辆电能使用状况和配电状态。通过选择配电终端上不同配电

模式，系统依据配电模式对负载设备进行集中或单独配电。在车辆电能紧张时，电能管理策略会对关重系统设备进行优先配电，最大限度合理使用车辆有限时刻电能。

电能综合管理系统对车辆时刻输入电能的统计是通过计算蓄电池当前容量和发电机时刻电能输出实现的。蓄电池当前容量数据针对不同种类蓄电池电解液密度或电压计算。发电机时刻输出电能是根据发电机转速功率性能数据计算当前转速下可能输出的最大电量。

2.3 网络架构

基于先进性、可靠性和经济性综合考虑，系统采用 CAN 主网和 LIN 子网架构。依据车辆不同区域位置设置了一个配电终端和三个配电装置。系统网络架构如图 1 所示。

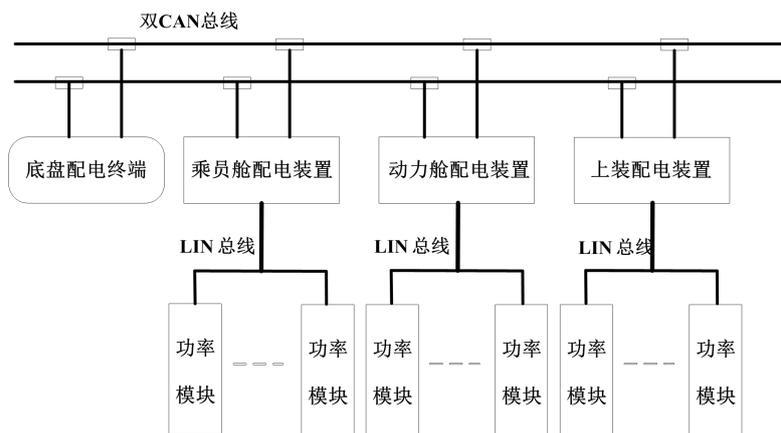


图 1 系统网络架构

系统由底盘配电终端、乘员舱配电装置、动力舱配电装置和上装配电装置四个节点组成，根据负载数量和功率设置不同功率模块，功率模块集成在各自配电装置内。

系统采用 CAN 总线和 LIN 总线并存的分层网络，主要依据 CAN、LIN 总线特征。基于 CAN 总线的数据通信具有突出的可靠性、实时性和灵活性。CAN 作为现场设备级的通信总线，和其他总线相比，具有很高的可靠性和性能价格比，其总线规范已经成为国际标准，被公认为现场总线家族中最具有希望的总线技术之一。目前，CAN 接口芯片的生产厂家众多，协议开放，价格低廉，并且使用简单^[1]。LIN 总线是一种低成本串行通信系统，它是基于 UART 数据格式、主从结构、单线 12V 的总线通信系统，随着其成功应用以及自身标准的不断完善，它成为了车身电子网络串行通信中的新兴标准，该标准主要针对车辆中低成本的内部互连网络。LIN 网络无论带宽和复杂性都低于 CAN 网络，非常适合在低速网络上应用。LIN 提升了系统结构的灵活性，并且无论从硬件还是软件角度都为网络中的节点提供了相互操作性，并能获得更好的 EMC 特性^[2]。

3 部件设计

3.1 配电终端

配电终端主要用于车辆电子设备配电控制和状态显示、配电装置参数设置、配电状态信息查询、配电模式控制、信息记录，以及实施供电策略实现智能化控制。配电终端由显示模块、基于 ARM 微处理器显示控制板、电源模块、控制按键、壳体和软件等组成。配电终端内部结构如图 2 所示。

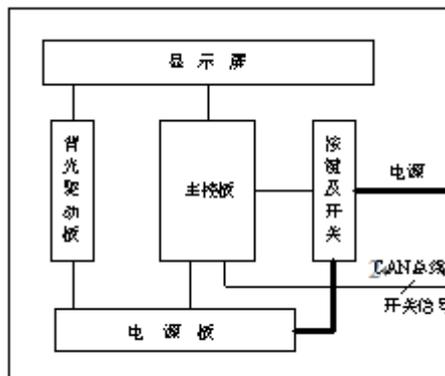


图2 配电终端结构

为满足系统实时性需要，配电终端微处理器使用了 VxWorks 嵌入式实时多任务操作系统，该操作系统主要特点是快速多任务切换、抢占式任务调度、任务间通信手段多样化等。系统提供了高效的实时任务调度、中断管理、实时的系统资源以及实时的任务间通信^[3]。该操作系统适合 ARM 微处理器硬件平台，能达到系统资源最大利用率。

3.2 配电装置

配电装置用于执行配电终端配电命令，实现车辆电子设备电能控制和保护，并实时上报各配电通道状态信息。主要包括通道电流检测数据、电压检测数据，并对数据进行分析，执行过流保护、短路保护、过压保护、欠压保护动作，并上报通道配电状态。乘员舱配电装置、动力舱配电装置和上装配电装置结构统一，只是功率模块配电功率和数量不同，主要由装置壳体、电源板、主控板、母板和功率模块等组成。配电装置内部结构如图3所示。

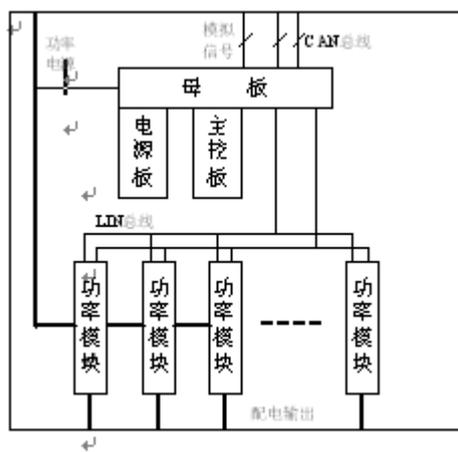


图3 配电装置内部结构图

通过对配电装置任务需求进行分析，主控板处理器选用了 FreescaleMC9S12DP512 微处理器，并设计了外围电路。该主控板具有 CAN/LIN 网关功能，在性能上满足系统数据转换的需要。配电装置主控板原理如图4所示。

根据系统对功能、可靠性、成本和功耗的要求，选择 $\mu C/OS-II$ 嵌入式操作系统作为配电装置主控板的操作系统，该操作系统是一个具有可靠性高、移植性强、占用资源少、裁剪方便以及源码公开等诸多优点的抢占式多任务实时操作系统^[4]。该操作系统的前身 $\mu C/OS$ 自 1992 年问世以来已经有数百个商业应用，实践证明该操作系统具有高可靠性和安全性。LIN 总线经过十几年的发展，其技术成熟、性能稳定、且成本低廉。LIN 网络是主从结构网络，访问由主节点控制，从节点不必有仲裁或冲突管理，可以保证最差状态下的信号传输延迟时间^[3]。其传输速率满足系统实时性要求，适合在本系统上应用。

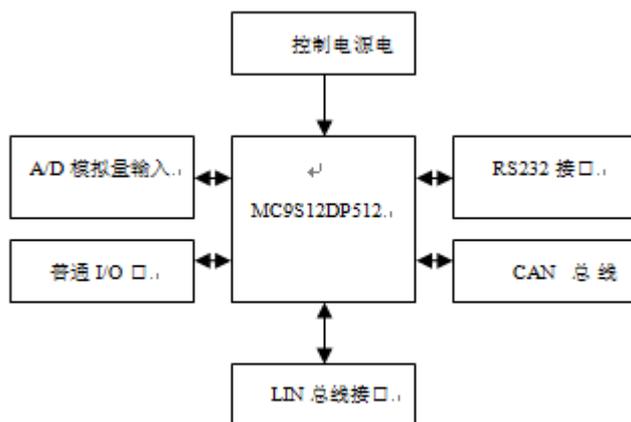


图4 配电装置主控板原理图

3.3 功率模块

功率模块采用功率 MOSFET 作为电子开关核心器件，结合单片机技术和 LIN 总线通讯技术，实现对电源的通断控制。模块具有对电压和电流的实时监控功能，当所控制的电压和电流之一超出设定的告警值并超过允许时间时，模块能够建立告警标志，并上传告警类型；当所控制的电压和电流之一超出设定的故障值并超过允许时间时，模块能够自动断开输出以达到自我保护并保护用电设备的目的，同时建立故障标志，并上传故障类型。同时具有自身温度检测采样，实现对自身的过热保护功能。功率模块内部结构如图 5 所示。

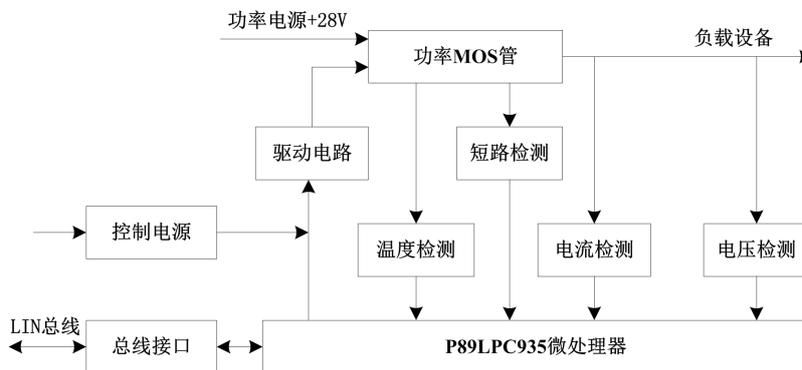


图5 功率模块内部结构图

驱动电路用于在功率 MOS 管接通后，维持驱动信号，保障功率 MOS 管连续导通^[5]。温度检测电路用于检测功率 MOS 管附件的温度，防止器件过热。因为功率 MOS 管导通后，会产生微小压降，带来一定功耗而产生热量，为保证功率 MOS 管不会被热击穿，需要设置过热保护功能。电流和电压检测用于对配电通道的过流、过压状态进行告警和保护。

4 电能管理策略

当电网电压高于 31V 时，为保护用电设备，除配电终端和配电装置外（该设备由 9~36V 电源模块供电），关断所有用电设备，并提示发电异常或外接电压异常。

当系统电压低于 21V 或蓄电池容量低于要求时（一般夏季不低于 50%，冬季不低于 76%），为保护蓄电池以及下次启动发动机用电量，系统进行蓄电池容量低提示，并在普通供电模式时强制功耗超过 500W 的感性用电负载不能供电。

避免多个负载同时突加或突卸引起电网波动。主要是额定功率在 500W 以上的感性负载，接通或关断

时间间隔为 0.2 秒。这些设备启动配电时，功率模块采取软启动模式以减小对电网的冲击；

保护起动电机，采取以下控制策略：①发动机工作以后即使起动按钮按下也不能接通起动电机；②起动过程中，发动机转速达到起动转速立即切断起动电机电源，以防止起动电机被反拖而损坏；③在一次起动发动机没有成功时，保证多次起动时间间隔，以使蓄电池容量得到短暂恢复和起动电机降温。

实现特殊车辆要求的一些配电逻辑控制。如发动机工作时才能接通热烟幕阀或空调等设备工作、进气加温工作结束后才能启动发动机等。

根据车辆使用的不同方式和工况，为方便驾驶员使用操作，系统可对完成同一工作剖面的设备进行集中配电。系统目前设置了普通配电模式、行驶配电模式、应急供电模式等。

5 结论

本文研究的电能管理技术符合特种车辆电气系统发展方向，设计的电能综合管理系统具有对车辆电子负载进行远程配电，对负载电流、电压、运行状态信息进行实时监测、实时报警、故障保护功能，并依据电能管理策略在一定程度上实现车辆电能智能化管理，使车辆有限时刻电能更加合理利用。电能综合管理系统提升了车辆供配电系统性能，符合特种车辆电气系统发展方向。首次提出的电能管理策略需要进一步完善，并根据不同车辆进行适应性修改，使其符合车辆使用要求。

电能综合管理系统的研制对推动特种车辆电气系统智能化和信息化技术发展具有十分重要意义。

参考文献

- [1]饶运涛.现场总线 CAN 原理与应用技术[M].北京:北京航空航天大学出版社.2003: 65-72
- [2]邓志华,袁倪,霞林.车载网络 CAN 和 LIN 互联技术的研究[J].计算机应用, 2006, 1(1):44-46
- [3]孔祥营、柏桂枝.嵌入式实时操作系统 Vxworks 及其开发环境 Tornado[M].北京:中国电力出版社, 2001: 289-320
- [4]Jean J.Labrosse 著.邵贝贝等译.嵌入式实时操作系统 μ C/OS-II (第 2 版)[M].北京:北京航空航天大学出版社, 2003: 22-109
- [5]郑洁, 串禾.MOSFET 开关的驱动[J].电力电子技术, 1998, 1: 5-8