



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1601792 B

(45) 授权公告日 2010.04.28

(21) 申请号 200410009687.1

CN 1199463 A, 1998.11.18, 全文.

(22) 申请日 2004.10.20

CN 2625185 A, 2004.07.14, 全文.

(73) 专利权人 清华大学

审查员 赵伟华

地址 100084 北京市 100084-82 信箱

(72) 发明人 卢青春 高大威 阎东林 金振华

欧阳明高 聂胜芳 张俊智 谢康

秦孔建 马凡华 黄海燕 张聿勋

(51) Int. Cl.

H01M 8/00 (2006.01)

B60L 9/00 (2006.01)

B60L 11/00 (2006.01)

B60L 3/00 (2006.01)

(56) 对比文件

US 5736630 A, 1998.04.07, 全文.

CN 15286112 A, 2004.09.15, 全文.

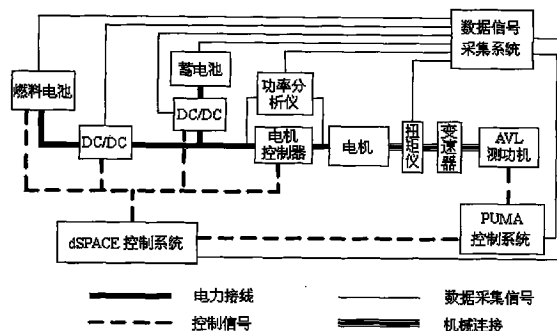
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

燃料电池混合动力系统试验研究系统

(57) 摘要

一种燃料电池混合动力系统试验研究系统,包括燃料电池混合动力负载系统、燃料电池混合动力试验控制系统、燃料电池混合动力系统、燃料电池混合动力测试系统四个子系统。燃料电池混合动力负载系统对路况、车身动力学特征和驾驶员进行模拟;燃料电池混合动力试验控制系统结合动力系统中每个部件的工作状况将其转换成针对各个部件的控制指令,控制和调整整个动力系统的运行状况;燃料电池混合动力系统是本试验研究系统的试验研究对象;燃料电池混合动力测试系统对其他三个子系统的工作情况进行采集、监视和记录。本发明实现了传统的内燃发动机测试系统不能完成的对燃料电池混合动力系统进行测试考核的试验研究功能,具有很高的创新性。



1. 一种燃料电池混合动力系统试验研究系统,其特征在于,该燃料电池混合动力系统试验研究系统包括

燃料电池混合动力负载系统,包括 AVL 测功机、变速器、扭矩仪、PUMA 控制系统;

燃料电池混合动力系统,包括燃料电池、两个 DC/DC 变换器、蓄电池、电机控制器、电机;

燃料电池混合动力测试系统,包括测量装置和数据信号采集系统;

燃料电池混合动力试验控制系统即 dSPACE 控制系统;

燃料电池混合动力负载系统中的 AVL 测功机通过变速器、扭矩仪和燃料电池混合动力系统中的电机机械相连;

燃料电池混合动力负载系统中的 PUMA 控制系统与所述 AVL 测功机、燃料电池混合动力试验控制系统中的 dSPACE 控制系统电气连接;所述燃料电池混合动力试验控制系统中的 dSPACE 控制系统通过通讯控制线电气连接所述燃料电池混合动力系统中的燃料电池、两个 DC/DC 变换器、电机控制器;

燃料电池混合动力测试系统中测量装置和燃料电池混合动力系统中的电机控制器输入端、输出端通过数据采集线电气连接;

燃料电池混合动力测试系统中的数据信号采集系统分别和燃料电池混合动力测试系统中的测量装置、燃料电池混合动力负载系统中的扭矩仪、PUMA 控制系统、燃料电池混合动力试验控制系统中的 dSPACE 控制系统、燃料电池混合动力系统中的燃料电池、两个 DC/DC 变换器、蓄电池通过数据采集线电气连接;

燃料电池混合动力系统中燃料电池、两个 DC/DC 变换器、蓄电池、电机控制器、电机电力接线自然连接。

2. 根据权利要求 1 所述的一种燃料电池混合动力系统试验研究系统,其特征在于,所述测量装置为功率分析仪。

3. 根据权利要求 1 所述的一种燃料电池混合动力系统试验研究系统,其特征在于,燃料电池混合动力测试系统包含测量装置、信号调理单元、高速采集卡和采集系统计算机;

测量装置和信号调理单元,信号调理单元和高速采集卡,高速采集卡和采集系统计算机之间电气连接。

4. 据权利要求 1 所述的一种燃料电池混合动力系统试验研究系统,其特征在于,燃料电池混合动力试验控制系统包括 CAN 网络、dSPACE 控制器和控制系统上位机;

CAN 网络和 dSPACE 控制器电气连接;

dSPACE 控制器和控制系统上位机电气连接。

燃料电池混合动力系统试验研究系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种燃料电池混合动力系统试验研究系统,该系统涉及于燃料电池汽车的动力系统集成技术的研发领域。

背景技术

[0002] 燃料电池汽车是一种新能源汽车,由于它与传统的内燃机车辆相比较,具有节能、环保、和运行安静的优良工作性能成为当前新一代汽车研发技术中的热点。国家“十五”863电动汽车的重大专项中专门成立了燃料电池轿车和燃料电池城市客车的子项目,燃料电池汽车的研发已经成为推动我国汽车工业实现跨越式发展的重大举措。燃料电池混合动力系统的集成技术是燃料电池汽车研发技术领域内的关键技术之一。

[0003] 燃料电池汽车的动力系统是燃料电池汽车区别于其它类型车辆(内燃机汽车、蓄电池电动汽车以及混合动力内燃机汽车)的最主要标志。一般来说,燃料电池汽车的动力系统主要由燃料电池、燃料电池发动机、蓄电池(或超级电容)、电机和电机控制器以及电力变换器(如DC/DC变换器、DC/AC变换器等)组成。它使用高效(工作效率可达40%以上)、清洁(排放物为洁净的水)的燃料电池发动机替代了效率较低且工作时会产生污染物排放的内燃发动机,并辅助以可以充放电的储能装置-蓄电池(或超级电容,等),弥补了燃料电池发动机峰值功率输出能力差、动态响应慢以及不能回收制动能量等缺陷。因此,这样的燃料电池混合动力系统被广泛认为是未来汽车的理想的动力系统型式之一。

[0004] 动力系统的研发在整个汽车的系统开发中占据重要地位,尤其新能源汽车的动力系统的研发工作更是这样。动力系统研发工作的成功与否、动力系统性能的好坏,直接关系到随后的成品车的动力性能、经济性、可靠性、稳定性以及乘坐舒适性等车辆性能的优劣。燃料电池混合动力系统的研发是一项系统的、复杂的、贯穿于整个燃料电池汽车研发过程的重要工程。与传统的汽车动力系统的研发工作类似,它通常应该包括基于计算机软件仿真的研发,基于动力系统试验台架的研发以及基于系统试验车的研发。在进行基于动力系统试验台架的研发工作时,首先必须具备一种可行实用的,功能齐备、性能优良的动力系统试验系统,这就如同传统的汽车研发工程中用到的发动机试验台架。传统的内燃发动机试验台架是针对内燃机(柴油机或汽油机等)的,这些工作对象是均为机械装置。因此,传统的内燃发动机试验台架的功能基本只限于对发动机机械动力、燃油消耗等方面工作性能的测试考核。然而,新型的以燃料电池为主要动力源的汽车,它的动力系统在形式和功能上的结构都与传统汽车有着明显不同,它的动力系统是基于电气以及电力电子设备的,所以不可能将传统发动机的试验台架直接用于燃料电池混合动力系统的试验研究中,而必须针对新型的燃料电池汽车动力系统的特点,研制建成燃料电池混合动力系统的试验台。本发明就是提供了一种这样的试验系统,它是基于传统的发动机动态试验台的核心部分AVL交流测功机建成的。由于国内燃料电池汽车的研究与开发工作开始的时间不长,专门从事这项研究工作的相关部门很少,这一试验研究系统的建成在国内是首创的。这一试验研究系统的建成,为燃料电池汽车混合动力系统技术研发过程中的零部件的测试与技术研究以及动

力系统集成、控制、性能优化匹配等技术的研究提供了重要的物质条件和技术手段。这一试验研究系统已经成为燃料电池汽车技术研发过程中必不可少的技术工具。它的发明制成有重要意义和价值。

发明内容

[0005] 本发明的目的是为了提供一种燃料电池混合动力系统的试验研究系统,使它能够用于燃料电池混合动力系统相关的各种技术研发工作中;为燃料电池汽车动力系统的设计、结构、参数优化,系统性能匹配等研究工作的开展提供必须的物质条件和齐备的技术手段支持。即本发明所提出的这一试验研究系统,要能够用于燃料电池混合动力系统的各个零部件的性能测试并协助零部件研制技术的开发;并且,它要能够用于对燃料电池混合动力系统的总体工作性能进行测试考核并对混合动力系统的系统集成技术进行研发;另外,它还必须能够用于混合动力系统的系统控制技术的开发工作。

[0006] 为了达到上述目的,本发明涉及的燃料电池混合动力系统试验研究系统可以分为四个子系统:燃料电池混合动力系统、燃料电池混合动力测试系统、燃料电池混合动力试验控制系统和燃料电池混合动力负载系统。该试验研究系统首先利用了原有的传统发动机动态试验台架。传统的发动机动态试验台架是以 AVL 交流电力测功机系统为基础的,这一系统包括硬件设备和软件设备两部分。硬件设备为 AVL 交流电力测功机以及它的信号采集和调理单元;软件部分为 PUMA 控制系统,利用该系统控制和辅助交流测功机的运行,就可以在这种测功机系统上实现以下功能:驾驶员模拟、车辆和路况模拟、驾驶循环模拟等。这些功能的实现对于全面考核车辆动力系统的性能至关重要。以上,AVL 交流电力测功机、PUMA 控制系统以及变速器构成了燃料电池混合动力系统的负载系统。然而,不同与传统的内燃机汽车的是,燃料电池汽车的动力系统为电驱动的动力系统,因此,作为燃料电池混合动力系统的研究系统,必须具备必要的电力设备。本发明提出的试验系统主要包含了如下的电力设备:燃料电池模拟装置、铅酸蓄电池组、超级电容组、电机及电机控制器、DC/DC 变换器以及电力接线和传感器柜等。这些设备组成了本发明提出的试验研究系统的主要研究对象-燃料电池混合动力系统。燃料电池、蓄电池、超级电容、DC/DC 变换器、电机和电机控制器,这些部件都属于燃料电池混合动力系统的组成部分,它们本来应当是燃料电池混合动力系统试验研究系统的试验研究对象,但是试验研究系统却也包含了这些设备(或其模拟装置)。这是因为,在对混合动力系统中的某一个部件进行性能试验研究时,必须其它必要的动力系统部件作为试验条件和试验设备存在于试验系统中,配合试验。因此,完整的混合动力系统的试验研究系统必须要包括能够实现这些动力系统部件功能的装置。另外,试验研究系统还包含一个信号、数据采集系统和一个混合动力控制系统。信号、数据采集系统主要用来采集试验过程中的各种有用的信号量,并且对这些信号进行处理、监视和记录。这一系统的主要构成包括:各种电量传感器、测量设备(功率分析仪和扭矩仪等)以及信号调理单元和数据监视记录系统。该系统在本发明中被称为燃料电池混合动力测试系统。混合动力控制系统相当于燃料电池汽车的 VCU,它是基于 dSPACE 建立起来的。在试验研究系统上,它一方面可以制定不同的动力系统控制策略,对控制策略进行调试、改进等工作;另一方面它还可以根据单独的零部件试验研究时的具体需要来制定适当的试验策略,对试验过程进行控制。该系统在本发明中被称为燃料电池混合动力试验控制系统。整个系统系统中,燃料电

池混合动力系统通常是作为试验研究的对象的。然而,当只对混合动力系统中的某一个部件进行试验研究时,其余的部件则就成了辅助试验研究的条件和试验设备。混合动力系统和混合动力负载系统之间是通过机械连接接合在一起的;一般情况下,燃料电池混合动力系统提供动力,驱动燃料电池混合动力负载系统,在制动能量回馈的情况下,能量流向则相反,由负载系统向燃料电池混合动力系统提供能量。由 AVL 交流测功机及其控制系统组成的燃料电池混合动力负载系统,不仅实现了对车和道路负载的模拟,而且实现了对驾驶员驾驶行为的模拟。因此,在试验研究系统中,它还充当“驾驶员”的角色。它对试验研究系统中的其它三个系统的工作状态信息均进行采集。燃料电池混合动力测试系统是进行试验研究的重要工具。

[0007] 各子系统的情况:

[0008] 燃料电池混合动力负载系统:

[0009] 主要包括变速器、AVL 测功机和 PUMA 控制系统。变速器通过机械轴和齿轮的齿合与 AVL 测功机的机械轴相连;AVL 测功机通过各种通讯和信号采集线与 PUMA 控制系统相连。它的功能主要由 AVL 测功机和它的控制系统 PUMA 控制系统来完成的。PUMA 控制系统控制 AVL 测功机机轴上的负载力矩(作为动力系统的制动力矩);同时 PUMA 系统实现了驾驶员模拟,可以给定起动、加速踏板、制动踏板等信号,这些信号作为试验控制系统的输入信号发送给 dSPACE 控制器。

[0010] 燃料电池混合动力试验控制系统:

[0011] 主要包括控制系统上位机、dSPACE 控制器和 CAN 通讯线网络。控制系统上位机通过以太网网口直接与 dSPACE 控制器相连;dSPACE 控制器再通过 CAN 线和 CAN 通讯线网络相接。由控制系统上位机、dSPACE 控制器和 CAN 通讯线网络 3 个部分组成。控制系统上位机安装有 Matlab 和 dSPACE/ControlDesk 软件,用于对 dSPACE 控制器进行编程,在程序里实现动力系统的控制策略(或部件测试试验时需用的试验控制策略)。dSPACE 控制器通过以太网接口与控制系统上位机相连接,通过以太网网线进行数据传输(下载上位机的程序和在上位机的监视界面上显示 dSPACE 控制器的运行状况)。工作时,dSPACE 控制器运行从上位机下载的控制程序。通过 CAN 通讯线网络,dSPACE 控制器一方面向动力系统的各个部件发送工作指令,一方面还经过接收动力系统各个部件向控制器返回的工作状态信息。

[0012] 燃料电池混合动力系统:

[0013] 燃料电池的输出端通过电力线和 DC/DC 变换器的输入端连接(实际应用中要经过功率二极管之后与 DC/DC 变换器相连);蓄电池的输出端与另一 DC/DC 变换器的输入端(为双向 DC/DC 变换器)之间通过电力线直接连接;两个 DC/DC 变换器的输出端连接在一起并同时与电机控制器的输入端相连;电机控制器的输出端与三相交流异步电机的输入电气接口相连。

[0014] 燃料电池混合动力测试系统:

[0015] 传感器(或其它测量仪器)安装在被测试的动力系统部件或其端口上,传感器(或其它测量仪器)信号输出端通过数据线与信号调理单元相连;信号调理单元之后接高速采集卡;高速采集卡再通过数据接口与采集系统计算机相连接。各种传感器(或其他测量仪器)对动力系统及负载系统的各种工作状态进行测量,作为这些传感器(或其他测量仪器)的输出信号输出的测量结果首先经过信号调理单元的信号处理之后,均转换成为

0 ~ 10V 的模拟信号,这些模拟信号再经过高速采集卡的采集,转化成为数字信号进入采集系统计算机被监视和记录下来。

[0016] 综上,本试验研究系统的 4 个子系统之间存在如下的逻辑关系:燃料电池混合动力负载系统对路况、车身动力学特征和驾驶员进行模拟,一方面担当动力系统的负载的角色,另一方面还担当“驾驶员”的角色,它向试验控制系统发出“驾驶员”的驾驶意图信号;燃料电池混合动力试验控制系统是整个混合动力系统的控制中枢,它接收“驾驶员”的驾驶意图信号(启动信号、加速信号、换档信号、制动信号、停止信号等),并结合动力系统中每个部件的工作状况(主要是电机转速和转矩、蓄电池 SOC 以及燃料电池的电流和电压等)将其转换成针对各个部件的控制指令,以控制和调整整个动力系统的运行状况,使其满足“驾驶员”的驾驶意图;燃料电池混合动力系统是本试验研究系统的试验研究对象,在这一系统中,它又是燃料电池混合动力试验控制系统的控制对象,受试验控制系统的控制,同时系统的工作过程中,它又是燃料电池混合动力负载系统的驱动系统,它们二者之间为机械连接,存在机械能量的双向流动的关系(混合动力系统运行在制动能量回馈时,能量由燃料电池混合动力负载系统流向燃料电池混合动力系统);燃料电池混合动力测试系统与其它的两个子系统之间是数据、信号和运行状态的采集和被采集的关系,它的工作只是对其他两个子系统的工作情况进行采集、监视和记录,而不会对其他两个子系统的工作发生任何影响,其他两个子系统不从燃料电池混合动力测试系统那里接收任何信息。这四个子系统功能之间这样的逻辑关系使得本试验研究系统具备了功能上完整性。

[0017] 本发明实现了传统的内燃发动机测试系统不能完成的对燃料电池混合动力系统进行测试考核的试验研究功能,具有很高的创新性。它具备对燃料电池混合动力系统的系统动力性和系统效率的测试评价能力,同时也能完成对单个的燃料电池混合动力系统的部件性能的测试考核任务。本发明在工作过程中对各种变量的测试和数据采集误差率低于 0.8%,达到了足够的测量精度。在实际的使用过程中,显示了优良的性能。

附图说明

[0018] 图 1 是燃料电池混合动力系统试验研究系统的系统功能结构框图。

[0019] 图 2 是燃料电池混合动力系统试验研究系统的组成结构图。

[0020] 图 3 是混合动力测试系统原理框图。

[0021] 图 4 是混合动力试验控制系统原理框图。

具体实施方式

[0022] 参照附图,将详细叙述本发明的具体实施方案。

[0023] 如图 1,给出了燃料电池混合动力系统试验研究系统的系统功能结构图。整个系统系统可以分为四个子系统:燃料电池混合动力系统、燃料电池混合动力测试系统、燃料电池混合动力试验控制系统和燃料电池混合动力负载系统。图中箭头的方向表示各个系统之间的信息交互的流向关系。如图 1 所示,由“驾驶员”的各种驾驶操纵行为组成的控制指令(主要是加速踏板信号、制动踏板信号等)下达至燃料电池混合动力试验控制系统。燃料电池混合动力试验控制系统相当于燃料电池汽车的整车控制器(VCU),这是一个基于 CAN 网络的控制系统。它接收来自于“驾驶员”的各种控制指令,同时还通过 CAN 接收燃料电池混合

动力系统中各部件的工作信息;试验控制系统依据“驾驶员”的控制指令,同时参考混合动力系统中各部件的工作状态信息,来对燃料电池混合动力系统的运行进行调整和控制。燃料电池混合动力测试系统的功能是在试验研究过程中,对混合动力系统中各部件的工作情况进行测量,对各部件的相关信号、工作数据进行采集、处理、监测和记录。由“驾驶员”的各种驾驶操纵行为组成的控制指令(主要是加速踏板信号、制动踏板信号等)下达至燃料电池混合动力试验控制系统。燃料电池混合动力试验控制系统相当于燃料电池汽车的整车控制器(VCU),这是一个基于 CAN 网络的控制系统。它接收来自于“驾驶员”的各种控制指令,同时还通过 CAN 接收燃料电池混合动力系统中各部件的工作信息;试验控制系统依据“驾驶员”的控制指令,同时参考混合动力系统中各部件的工作状态信息,来对燃料电池混合动力系统的运行进行调整和控制。燃料电池混合动力测试系统的功能是在试验研究过程中,对混合动力系统中各部件的工作情况进行测量,对各部件的相关信号、工作数据进行采集、处理、监测和记录。

[0024] 如图 2,给出了混合动力试验研究系统的组成结构,详细地表示了试验研究系统的构成情况,各种设备在系统系统中的布局情况。从图中可以看出,负载系统中,PUMA 控制系统与 AVL 测功机和 dSPACE 控制系统之间分别存在着通讯连接。一方面,在试验过程中,PUMA 控制系统与 AVL 测功机之间的通讯连接实现了车和路的负载模拟;另一方面,PUMA 控制系统实现的驾驶员模拟,正是通过 PUMA 控制系统和 dSPACE 控制系统之间的通讯连接得以对动力系统发挥作用的。dSPACE 控制系统与混合动力系统中的主要控制部件均有通讯连接,这种通讯连接通过 CAN 网络实现。一方面 dSPACE 控制器通过 CAN 向混合动力系统的各个部件下达控制指令;一方面,各个动力部件通过 CAN 向 dSPACE 控制器返回工作状态信息和各种工作数据。数据信号采集系统是燃料电池混合动力测试系统的主体部分,它通过各种传感器或测量仪器(功率分析仪、扭矩仪等)对动力系统中每一个部件的工作信息进行采集,同时它还通过通讯线接收来自于 dSPACE 控制系统和 PUMA 控制系统的对进行研究分析工作有用的相关数据信息。

[0025] 如图 3 所示的混合动力测试系统原理框图,它表示了混合动力测试系统的组成结构。从图中可以看出,这一系统包含四个组成部分:传感器或其它测量装置、信号调理单元、高速采集卡和采集系统计算机。各种传感器主要分布于混合动力系统的电力接线中,另外 AVL 测功机系统中也包含大量的传感器,它们也是测试系统的组成部分。测量装置主要是指功率分析仪和扭矩仪。功率分析仪用来对电机控制器的工作情况进行测试,采集电机控制器的各种输入输出信号。扭矩仪主要用来测量电机机轴输出的转矩的大小,以辅助针对电机的试验研究工作。信号调理单元对测量得到的信号进行处理以适合采集卡进行数据采集的需要。采集系统计算机可以对采集到的数据信息进行监测和存储记录。

[0026] 如图 4 所示的混合动力试验控制系统原理框图,它给出了燃料电池混合动力试验控制系统的组成结构。这一系统包含三个组成部分:CAN 网络、dSPACE 控制器和控制系统上位机。CAN 网络是 dSPACE 控制器同动力系统各个部件之间信息交互的通道。dSPACE 控制器相当于整车控制器,它实现一种对混合动力系统进行控制的控制算法。它接收来自于 PUMA 控制系统发出的控制指令,还通过 CAN 接收燃料电池混合动力系统中各部件的工作信息;然后依据 PUMA 控制系统的控制指令,同时参考混合动力系统中各部件的工作状态信息,按照这一控制算法,向混合动力系统的各个部件发出控制指令。控制系统上位机同 dSPACE 控

制器之间进行信息交互。通过控制系统上位机,一方面可以监视 dSPACE 控制系统的工作情况、CAN 通讯网络的工作情况和各个部件通过 CAN 发送的部件工作情况;另一方面可以很方便地对控制器里运行的控制算法进行调整和修改,并且在进行单个零部件的测试试验时,可以根据试验规范的需要直接给出适当的控制指令。

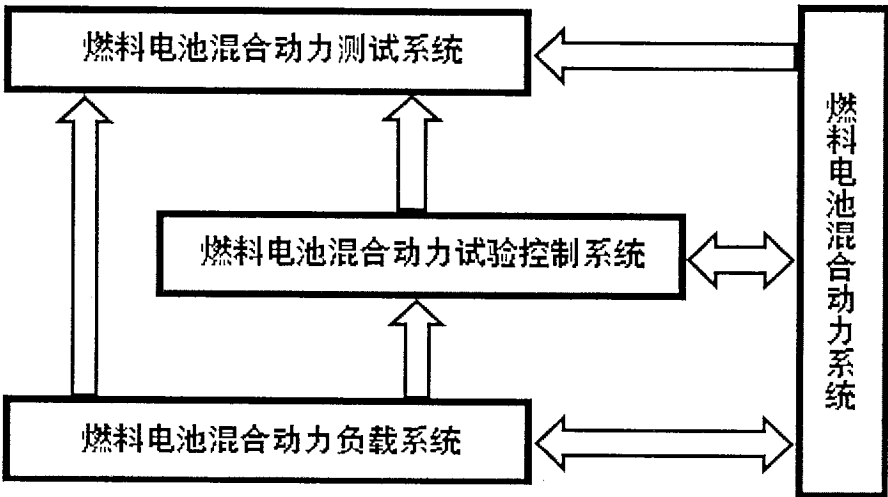


图 1

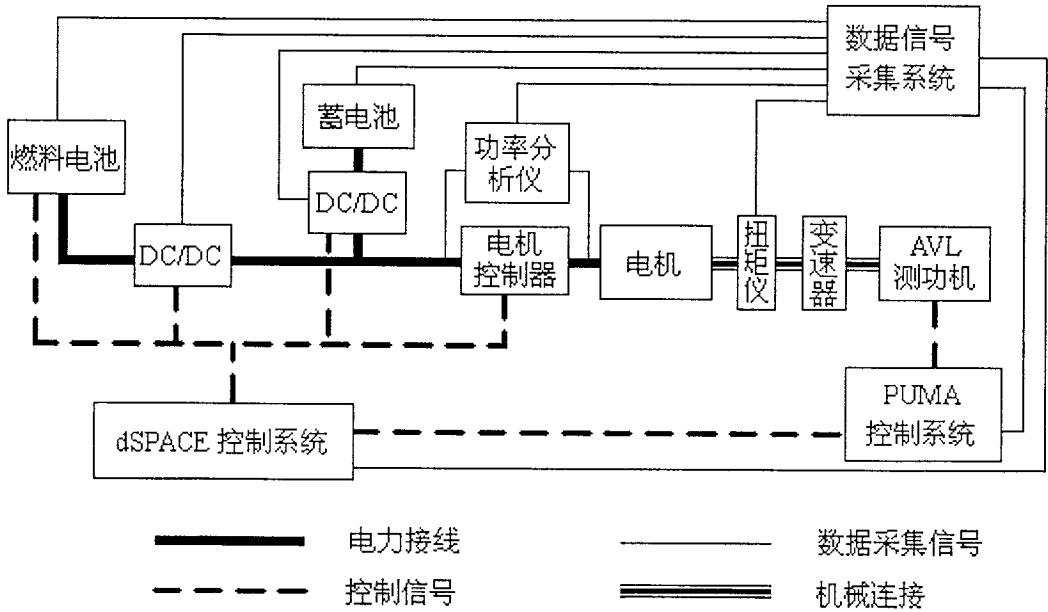


图 2

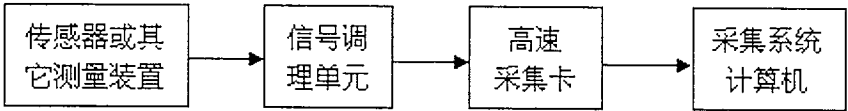


图 3

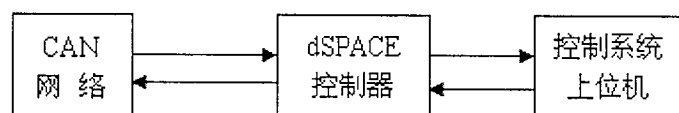


图 4