



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101841182 A

(43) 申请公布日 2010. 09. 22

(21) 申请号 201010185293. 7

(22) 申请日 2010. 05. 17

(71) 申请人 武汉理工大学

地址 430070 湖北省武汉市武昌区珞狮路
122 号

(72) 发明人 刘莉 全书海 陈启宏 狄艾威
谢长君 张立炎 石英

(74) 专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

代理人 潘杰

(51) Int. Cl.

H02J 7/34 (2006. 01)

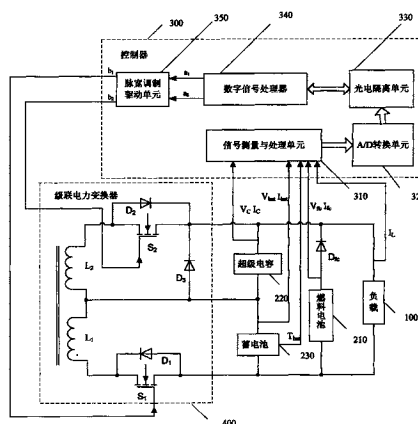
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 1 页

(54) 发明名称

燃料电池混合电源系统

(57) 摘要

本发明公开了一种燃料电池混合电源系统，包括燃料电池、超级电容、蓄电池、级联电力变换器以及控制器。级联电力变换器包括相互连接的第一和第二电感、第一和第二 MOSFET 管、第一、第二、第三和第四二极管。控制器获取蓄电池的温度信号、超级电容、蓄电池以及燃料电池的电压信号和电流信号、以及负载的电流信号并根据获取的信号控制第一 MOSFET 管、第二 MOSFET 管的导通与关断。本系统无需两个 DC/DC 变换器，只需一个级联电力变换器，因而体积小、重量小、系统效率高。



1. 一种燃料电池混合电源系统,包括燃料电池,其特征在于,还包括超级电容、蓄电池、级联电力变换器以及控制器,所述超级电容与蓄电池串联,串联后的支路与所述燃料电池以及负载并联,所述级联电力变换器包括第一和第二电感、第一和第二 MOSFET 管、第一和第二二极管,其中,第一电感与第二电感为互耦电感,第一电感的一端与第一 MOSFET 管的集电极连接,第二电感的一端与第二 MOSFET 管的发射极连接,第一电感与第一 MOSFET 管的连接点和第二电感与第二 MOSFET 管的连接点互为同名端,第一电感的另一端与第二电感的另一端、蓄电池的正极和超级电容的负极连接,第一 MOSFET 管的集电极连接第一二极管的负极,发射极连接第一二极管的正极和蓄电池的负极;第二 MOSFET 管的集电极连接第二二极管的负极和超级电容的正极,发射极接第二二极管的正极,所述控制器局部安装在所述蓄电池上,并与所述超级电容、蓄电池、燃料电池、负载以及级联电力变换器的第一 MOSFET 管的栅极、第二 MOSFET 管的栅极连接,用于获取所述蓄电池的温度信号、所述超级电容、蓄电池以及燃料电池的电压信号和电流信号、负载的电流信号并根据所述获取的信号控制所述第一 MOSFET 管、第二 MOSFET 管的导通与关断。

2. 如权利要求 1 所述的燃料电池混合电源系统,其特征在于,还包括第三二极管,所述第三二极管的正极连接超级电容的负极,负极连接超级电容的正极。

3. 如权利要求 1 所述的燃料电池混合电源系统,其特征在于,还包括第四二极管,所述第四二极管的正极连接燃料电池的正极,负极连接超级电容的正极。

4. 如权利要求 1 所述的燃料电池混合电源系统,其特征在于,所述控制器包括依次串联的信号测量与处理单元、A/D 转换单元、光电隔离单元、数字信号处理器以及脉宽调制驱动单元,所述信号测量与处理单元局部安装在所述蓄电池上,并与所述超级电容、蓄电池、燃料电池以及负载连接,所述 PWM 驱动单元与所述第一 MOSFET 管的栅极、第二 MOSFET 管的栅极连接。

燃料电池混合电源系统

技术领域

[0001] 本发明涉及混合电源系统,是由燃料电池、超级电容和蓄电池组成的混合电源系统。

背景技术

[0002] 燃料电池是一种以氢气为燃料,以氧气为氧化剂,将燃料的化学能直接转化为电能电化学装置,它不受卡诺循环的限制,只要有足够的氢气和氧气,可以长时间连续运行,并且具有能量高、噪音小、无污染、零排放和能量转换效率高等特点,可广泛应用于小型电站、通信电源、机器人电源、汽车、电力系统、家庭生活等各领域。燃料电池技术被认为是 21 世纪首选的洁净、高效发电技术。燃料电池按其电解质的不同,可分为碱性燃料电池、磷酸型燃料电池、质子交换膜燃料电池 (PEMFC)、熔融碳酸盐型燃料电池及固体氧化物燃料电池等。近十年来,尤以质子交换膜燃料电池的发展最快,日益受到各国政府、企业和科研机构的重视。

[0003] 据国际能源机构 (IEA) 统计,全球每年能源科技研发公共资金中约 12% 投入到燃料电池研发。近几年,各国政府及各大公司加大投资力度,成功开发了各种型号的燃料电池,并正在应用到或拟用到人们日常生活的各个方面,如电站、便携式电源、移动机器人电源、各种车辆用动力电源以及家用电源等。目前,全世界每年用于燃料电池研究与开发的经费估计在 8 亿美元左右,除了美国、加拿大、日本、德国和意大利等工业国家外,许多发展中国家也在进行或着手进行燃料电池的研究与开发。我国政府也非常重视燃料电池发电技术的研究,在国家 863 计划的支持下,经过“十五”和“十一五”的刻苦攻关,在燃料电池及燃料电池汽车研究方面已取得突破性的进展,中科院大连化物所研制出 50kW 燃料电池发动机,上海神力公司研制出 100kW 大巴车燃料电池发动机,清华大学、同济大学分别研制出了系列化的燃料电池大巴车和燃料电池轿车,武汉理工大学已研制成功 1kW ~ 50kW 级系列燃料电池系统以及“楚天 1 号”燃料电池电动轿车和“楚天 2 号”燃料电池轻型客车。

[0004] 然而,虽然燃料电池作为汽车、机器人等系统电源具有上述很多优点,但它在汽车、机器人等对象上只能进行简单的应用。因为燃料电池的动态响应具有一定的时滞,例如当负载所需功率波动时,燃料电池的输出功率需经过一段时间的调整才能适应负载的变化。另外,当负载电机回馈制动时,必须吸收电机回馈的电能,以节约能量从而增加连续工作时间,但是燃料电池不支持能量的双向流动,不能吸收电机回馈制动过程中产生的电能。

[0005] 现有的电源系统利用辅助供电装置 (如蓄电池、超级电容等) 与燃料电池一起共同为负载 (机器人、汽车等) 供电,称为燃料电池混合电源系统。燃料电池发挥效率高、工作温度低、供电时间长的优势;辅助供电装置发挥动态响应速度快、能量回馈容易的长处,以弥补燃料电池动态响应速度慢和无法实现再生能量回收的缺陷。

[0006] 但是,上述现有燃料电池混合电源系统中,燃料电池与辅助供电装置组成的拓扑结构是燃料电池的输出接单向 DC/DC (直流-直流) 变换器的输入端,单向 DC/DC 变换器的输出端与蓄电池并联,超级电容接双向 DC/DC 变换器的一端,双向 DC/DC 变换器的另一端也

与蓄电池并联,并联后接负载,三者共同为负载供电。由上可知,现有燃料电池混合电源系统存在 2 个 DC/DC 变换器,导致系统的体积和重量较大;燃料电池、超级电容的输出是经过 DC/DC 变换器后再为负载供电,而 DC/DC 变换器会产生一定的功率损耗,降低系统的效率。

[0007] 因此,有必要提供一种改进的燃料电池混合电源系统来克服现有技术的缺陷。

发明内容

[0008] 本发明的目的是提供一种燃料电池混合电源系统,体积小、重量小、系统效率高。

[0009] 为了实现上述目的,本发明提供了一种燃料电池混合电源系统,包括燃料电池、超级电容、蓄电池、级联电力变换器以及控制器,所述超级电容与蓄电池串联,串联后的支路与所述燃料电池以及负载并联,所述级联电力变换器包括第一和第二电感、第一和第二 MOSFET 管、第一和第二二极管,其中,第一电感与第二电感为互耦电感,第一电感的一端与第一 MOSFET 管的集电极连接,第二电感的一端与第二 MOSFET 管的发射极连接,第一电感与第一 MOSFET 管的连接点和第二电感与第二 MOSFET 管的连接点互为同名端,第一电感的另一端与第二电感的另一端、蓄电池的正极和超级电容的负极连接,第一 MOSFET 管的集电极连接第一二极管的负极,发射极连接第一二极管的正极和蓄电池的负极;第二 MOSFET 管的集电极连接第二二极管的负极和超级电容的正极,发射极接第二二极管的正极,所述控制器局部安装在所述蓄电池上,并与所述超级电容、蓄电池、燃料电池、负载以及级联电力变换器的第一 MOSFET 管的栅极、第二 MOSFET 管的栅极连接,用于获取所述蓄电池的温度信号、所述超级电容、蓄电池以及燃料电池的电压信号和电流信号、负载的电流信号并根据所述获取的信号控制所述第一 MOSFET 管、第二 MOSFET 管的导通与关断。

[0010] 在本发明的一个实施例中,所述系统还包括第三二极管,所述第三二极管的正极连接超级电容的负极,负极连接超级电容的正极。

[0011] 在本发明的另一实施例中,所述系统还包括第四二极管,所述第四二极管的正极连接燃料电池的正极,负极连接超级电容的正极。

[0012] 在本发明的再一实施例中,所述控制器包括依次串联的信号测量与处理单元、A/D 转换单元、光电隔离单元、数字信号处理器以及脉宽调制驱动单元,所述信号测量与处理单元局部安装在所述蓄电池上,并与所述超级电容、蓄电池、燃料电池以及负载连接,所述 PWM 驱动单元与所述第一 MOSFET 管的栅极、第二 MOSFET 管的栅极连接。

[0013] 与现有技术相比,本发明燃料电池混合电源系统的三种能量源(燃料电池 210、超级电容 220 和蓄电池 230)只通过一个级联电力变换器连接,与现有燃料电池混合电源系统的三种能量源需要通过 2 个 DC/DC 变换器连接相比,本发明体积小、重量小、结构简单,通过合理地控制 MOSFET 管 S_1 和 MOSFET 管 S_2 的通断,可保证供电电压稳定,而且只要有充足的氢气,可长时间连续为负载供电。重量轻。另外,本发明中燃料电池 210 直接与负载 100 连接,供电时没有 DC/DC 变换单元的损耗,提高了系统的效率。

[0014] 通过以下的描述并结合附图,本发明将变得更加清晰,这些附图用于解释本发明的实施例。

附图说明

[0015] 图 1 为本发明燃料电池混合电源系统的原理框图。

具体实施方式

[0016] 现在参考附图描述本发明的实施例,附图中类似的元件标号代表类似的元件。

[0017] 如图 1 所示,本发明燃料电池混合电源系统包括燃料电池 210、超级电容 220、蓄电池 230、控制器 300 以及级联电力变换器 400。

[0018] 所述超级电容 220 与所述蓄电池 230 串联,串联后的支路与所述燃料电池 210、负载 100 并联。具体地,所述超级电容 220 的负极与所述蓄电池 230 的正极连接,正极与所述燃料电池 210 的正极连接。所述燃料电池 210 的负极连接蓄电池 230 的负极。

[0019] 所述控制器 300 局部安装在所述蓄电池 230,并与所述燃料电池 210、超级电容 220、蓄电池 230 以及负载 100 连接,用于实时采集燃料电池 210、超级电容 220、蓄电池 230 和负载 100 的电压与电流、蓄电池 230 的温度以及负载 100 的电流,并根据蓄电池 230 的特性以及采集的蓄电池 230 的电流计算蓄电池 230 的荷电状态 (SOC),根据超级电容 220 的特性以及采集的超级电容 220 的电压计算超级电容 220 的荷电状态 (SOC),根据采集的燃料电池 210 的电压 (等于负载 100 的电压) 以及采集的负载 100 的电流计算负载 100 的功率。另外,所述控制器 300 根据计算的负载 100 的功率、蓄电池 230 的荷电状态 (SOC)、采集的蓄电池 230 的电压、电流和温度、估算的超级电容 220 的荷电状态 (SOC)、采集的超级电容 220 的电压、电流控制所述级联电力变换器 400 (其内的 MOSFET 管 S_1 和 MOSFET 管 S_2) 的导通和关断控制,优化分配燃料电池 210、超级电容 220 和蓄电池 230 间的功率,保证向负载 100 高效平稳可靠供电。

[0020] 具体地,所述控制器 300 包括信号测量与处理单元 310、A/D 转换单元 320、光电隔离单元 330、数字信号处理器 (DSP) 340、脉宽调制 (PWM) 驱动单元 350。

[0021] 所述信号测量与处理单元 310 局部安装在所述蓄电池 230 上,并与所述燃料电池 210、超级电容 220、蓄电池 230 以及负载 100 连接,用于对燃料电池 210 的电压值和电流值、蓄电池 230 的电压值和电流值、超级电容 220 的电压值和电流值、蓄电池 230 的温度以及负载 100 的电流进行实时测量以及对测量的信号进行滤波处理。作为一个例子,如图 1,所述信号测量与处理单元 310 与所述燃料电池 210 的正极、超级电容 220 的正极、蓄电池 230 的正极以及负载 100 的正极连接,其中 V_{bat} 、 I_{bat} 、 T_{bat} 、 V_{fc} 、 I_{fc} 、 V_c 、 I_c 和 I_L 分别表示蓄电池 230 电压、蓄电池 230 电流、蓄电池 230 温度、燃料电池 210 电压、燃料电池 210 电流、超级电容 220 电压、超级电容 220 电流和负载电流。所述信号测量与处理单元 310 包括霍尔电压传感器、霍尔电流传感器、温度传感器、以及二阶低通有源滤波电路。霍尔电压传感器与所述燃料电池 210、超级电容 220、蓄电池 230 连接,用于实时获取燃料电池 210、蓄电池 230 和超级电容 220 的电压值;霍尔电流传感器与所述燃料电池 210、超级电容 220、蓄电池 230 和负载 100 连接,用于实时获取燃料电池 210、蓄电池 230、超级电容 220 和负载 100 的电流值;温度传感器安装在所述蓄电池 230 上,用于实时获取所述蓄电池 230 的温度;二阶低通有源滤波器与所述霍尔电压传感器、霍尔电流传感器和温度传感器连接,用于对霍尔电压传感器、霍尔电流传感器和温度传感器实时获取的结果 (燃料电池 210 的电压 V_{fc} 和电流 I_{fc} 、蓄电池 230 的电压 V_{bat} 、和电流 I_{bat} 、超级电容 220 的电压 V_c 和电流 I_c 、蓄电池 230 的温度 T_{bat} 、负载 100 的电流 I_L) 进行滤波处理和稳压处理。

[0022] A/D 转换单元 320 与所述信号测量与处理单元 310 的二阶低通有源滤波器连接,用

于对所述二阶低通有源滤波器滤波及稳压处理后的信号进行模数转换。

[0023] 光电隔离单元 330 与所述 A/D 转换单元 320 连接,用于对所述 A/D 转换单元 320 模数转换后的信号进行隔离,以阻挡外界信号对数字信号处理器 340 的干扰。

[0024] 数字信号处理器 340 与所述光电隔离单元 330 连接,用于接收对所述光电隔离单元 330 处理后的信号,并根据所述接收的信号估算蓄电池 230 的荷电状态 (SOC)、超级电容 220 的荷电状态 (SOC) 以及负载 100 的功率,根据所述接收的信号和估算的负载 100 的功率、蓄电池 230 荷电状态和超级电容 220 荷电状态输出控制所述级联电力变换器 400 (其内的 MOSFET 管 S_1 和 MOSFET 管 S_2) 导通和关断的脉宽调制信号 (PWM 信号) 或低电平信号。在本实施例中,所述数字信号处理器 340 可以为 TMS320LF2407 型或 TMS320F2812 型。下面具体说明。

[0025] 所述数字信号处理器 340 根据蓄电池 230 的特性以及信号测量与处理单元 310 采集的蓄电池 230 电流 I_{bat} 估算蓄电池 230 的荷电状态 (SOC),估算公式为:

$$[0026] \quad SOC = SOC_0 + \frac{1}{C_N} \int_0^t \eta I_{bat} dt \quad (1)$$

[0027] 其中, SOC_0 为蓄电池 230 的初始荷电状态 (SOC) 值; η 为蓄电池 230 的充放电效率, C_N 为蓄电池 230 的容量,以上参数根据蓄电池 230 的特性在数字信号处理器 340 中设定为常数; I_{bat} 为信号测量与处理单元 310 获取的蓄电池 230 的电流,充电时为正,放电时为负。

[0028] 所述数字信号处理器 340 根据超级电容 220 的特性以及信号测量与处理单元 310 采集的超级电容 220 的电压估算超级电容 220 的荷电状态 (SOC),估算公式为:

$$[0029] \quad SOC = \frac{V_c}{V_{cmax}} \quad (2)$$

[0030] 其中, V_c 为信号测量与处理单元 310 获取的超级电容 220 的电压, V_{cmax} 为超级电容 220 能承受的最高电压,根据超级电容 220 的特性在数字信号处理器 340 中设定为常数。

[0031] 所述数字信号处理器 340 根据采集的负载 100 的电流 I_L 以及燃料电池 210 的电压 V_{fc} (等于负载 100 的电压) 计算负载 100 的功率,并根据负载 100 的功率、采集的信号、超级电容 220 和蓄电池 230 的荷电状态 (SOC),在 a_1 、 a_2 端输出脉宽调制信号或低电平信号。

[0032] 脉宽调制驱动单元 350 与所述数字信号处理器 340 连接,用于对所述数字信号处理器 340 的 a_1 、 a_2 端输出的信号进行放大,并根据所述放大的信号驱动所述级联电力变换器 400 内的 MOSFET 管 S_1 和 MOSFET 管 S_2 的导通和关断,从而分配燃料电池 210、超级电容 220 和蓄电池 230 间功率进而保证向所述负载 100 高效平稳可靠地供电。

[0033] 所述级联电力变换器 400 与所述控制器 300、超级电容 220 与所述蓄电池 230 连接,其包括由电感 L_1 、MOSFET 管 S_1 、二极管 D_1 组成的第一电路以及由电感 L_2 、MOSFET 管 S_2 、二极管 D_2 组成的第二电路。所述第一电路与所述第二电路连接。

[0034] 对于第一电路, MOSFET 管 S_1 和二极管 D_1 反向并联。具体地, MOSFET 管 S_1 的集电极接二极管 D_1 的负极、发射极接二极管 D_1 的正极。另外,电感 L_1 的一端连接 MOSFET 管 S_1 的集电极。

[0035] 对于第二电路, MOSFET 管 S_2 和二极管 D_2 反向并联。具体地, MOSFET 管 S_2 的集电极接二极管 D_2 的负极、发射极接二极管 D_2 的正极。另外,电感 L_2 的一端连接 MOSFET 管 S_2 的发射极。

[0036] 所述第一电路的电感 L_1 的另一端与所述第二电路的电感 L_2 的另一端连接。其中, 电感 L_1 与电感 L_2 为互耦电感, 电感 L_1 的一端与 MOSFET 管 S_1 的集电极的连接点、电感 L_2 的一端与 MOSFET 管 S_2 的发射极的连接点互为同名端。互耦电感具有能量存储和能量转移的作用。

[0037] 所述级联电力变换器 400 具有 2 个控制输入端和 3 个双向输入 / 输出端。所述 2 个控制输入端为第一电路中 MOSFET 管 S_1 的栅极和第二电路中 MOSFET 管 S_2 的栅极。其中, MOSFET 管 S_1 的栅极与所述控制器 300 的脉宽调制驱动单元 350 的 a_1 连接, MOSFET 管 S_2 的栅极也与所述控制器 300 的脉宽调制驱动单元 350 的 a_2 连接。所述 3 个双向输入 / 输出端分别为第一电路中 MOSFET 管 S_1 的发射极、第二电路中电感 L_2 与第一电路中电感 L_1 的连接点、第二电路中 MOSFET 管 S_2 的集电极。其中, MOSFET 管 S_1 的发射极连接蓄电池 230 的负极, 电感 L_2 的与电感 L_1 的连接点连接蓄电池 230 的正极和超级电容 220 的负极, MOSFET 管 S_2 的集电极连接超级电容 220 的正极。也就是说, 蓄电池 230 连接级联电力变换器 400 的第一电路的两个双向输入 / 输出端, 超级电容 220 连接级联电力变换器 400 的第二电路的两个双向输入 / 输出端。

[0038] 所述燃料电池混合电源系统还包括二极管 D_3 以及二极管 D_{FC} 。二极管 D_3 用于防止超级电容 220 过度放电, 二极管 D_{FC} 用于防止外界向燃料电池反向充电。所述二极管 D_3 与超级电容 220 并联。具体地, 二极管 D_3 的正极连接超级电容 220 的负极, 负极连接超级电容 220 的正极。所述二极管 D_{FC} 与燃料电池 210 串联。具体地, 所述二极管 D_{FC} 的正极连接燃料电池 210 的正极, 负极连接超级电容 220 的正极。

[0039] 下面说明燃料电池混合电源系统在控制器 300 的控制下选择燃料电池 210, 或燃料电池 210 与超级电容 220、蓄电池 230 之一或之二组合为负载 100 供电, 或为超级电容 220、蓄电池 230 充电的原理:

[0040] (1) MOSFET 管 S_1 周期性导通和关断, MOSFET 管 S_2 关断

[0041] 当所述控制器 300 中的数字信号处理器 340 判断负载 100 的功率小于额定功率, 而且蓄电池 230 的温度低于 60°C 、蓄电池 230 的荷电状态 (SOC) 大于超级电容 220 的荷电状态 (SOC) 时, 数字信号处理器 340 的 a_2 端输出低电平, a_1 端输出脉冲序列, 通过脉宽调制驱动单元 340 放大后, 关断 MOSFET 管 S_2 , 并不断重复导通和关断 MOSFET 管 S_1 。MOSFET 管 S_1 导通时, 燃料电池 210 与超级电容 220 和电感 L_1 组成一个回路, 对超级电容 220 充电, 同时在互耦电感 L_2 上储能, 蓄电池 230 与电感 L_1 形成放电回路, 在电感 L_1 上储能; MOSFET 管 S_1 断开后, 电感 L_2 上储存的能量通过二极管 D_2 继续为超级电容 220 充电, 电感 L_1 上的能量耦合到电感 L_2 , 蓄电池 230 与电感 L_2 形成放电回路, 与燃料电池 210 一起供电。当蓄电池 230 的放电电流达到 3 倍放电倍率或电压低于标称电压 10%, 或燃料电池 210 的电压低于额定电压, 或电流高于额定电流时, 数字信号处理器 340 将 a_1 端脉冲信号的占空比降低 10%。

[0042] (2) MOSFET 管 S_2 周期性导通和关断, MOSFET 管 S_1 关断

[0043] 当所述控制器 300 中的数字信号处理器 340 判断负载 100 的功率小于额定功率, 而且蓄电池 230 的温度达低于 60°C 、蓄电池 230 的荷电状态 (SOC) 小于或等于超级电容 220 的荷电状态 (SOC) 时, 数字信号处理器 340 的 a_1 端输出低电平, a_2 端输出脉冲序列, 通过脉宽调制驱动单元 340 放大后, 关断 MOSFET 管 S_1 , 并不断重复导通和关断 MOSFET 管 S_2 。MOSFET 管 S_2 导通时, 燃料电池 210 与电感 L_2 和蓄电池 230 组成一个回路, 对蓄电池 230 充电, 同时

在互耦电感 L_1 上储能, 超级电容 220 与电感 L_2 形成放电回路, 在电感 L_2 上储能; MOSFET 管 S_2 断开后, 电感 L_1 上储存的能量通过二极管 D_1 继续为蓄电池 230 充电, 电感 L_2 上的能量耦合到电感 L_1 , 超级电容 220 与电感 L_1 形成放电回路, 与燃料电池 210 一起供电。当超级电容 220 的电流大于额定电流, 或燃料电池 210 的电压低于额定电压、电流高于额定电流时, 数字信号处理器 340 将 a_2 端脉冲信号的占空比降低 10%。

[0044] (3) MOSFET 管 S_1 、 S_2 均关断

[0045] 当控制器 300 判断负载 100 大于额定功率, 或负载虽小于额定功率, 但蓄电池 230 的温度达到 60°C 时, 数字信号处理器 340 的 a_1 、 a_2 端均输出低电平, 通过脉宽调制驱动单元 340 放大后, 关断 MOSFET 管 S_1 、 S_2 。燃料电池 210 与超级电容 220、蓄电池 230 通过三种能量源间的串联和并联回路直接向负载供电。

[0046] 本发明燃料电池混合电源系统的三种能量源 (燃料电池 210、超级电容 220 和蓄电池 230) 只通过一个级联电力变换器连接, 结构简单, 通过合理地控制 MOSFET 管 S_1 和 MOSFET 管 S_2 的通断, 可保证供电电压稳定, 而且只要有充足的氢气, 燃料电池混合电源系统可长时间连续为负载供电。与现有系统的三种能量源需要通过 2 个 DC/DC 变换器连接相比, 本发明的体积小、重量轻; 本发明中的燃料电池 210 直接与负载 100 连接, 供电时没有 DC/DC 变换单元的损耗, 提高了系统的效率。

[0047] 以上结合最佳实施例对本发明进行了描述, 但本发明并不局限于以上揭示的实施例, 而应当涵盖各种根据本发明的本质进行的修改、等效组合。

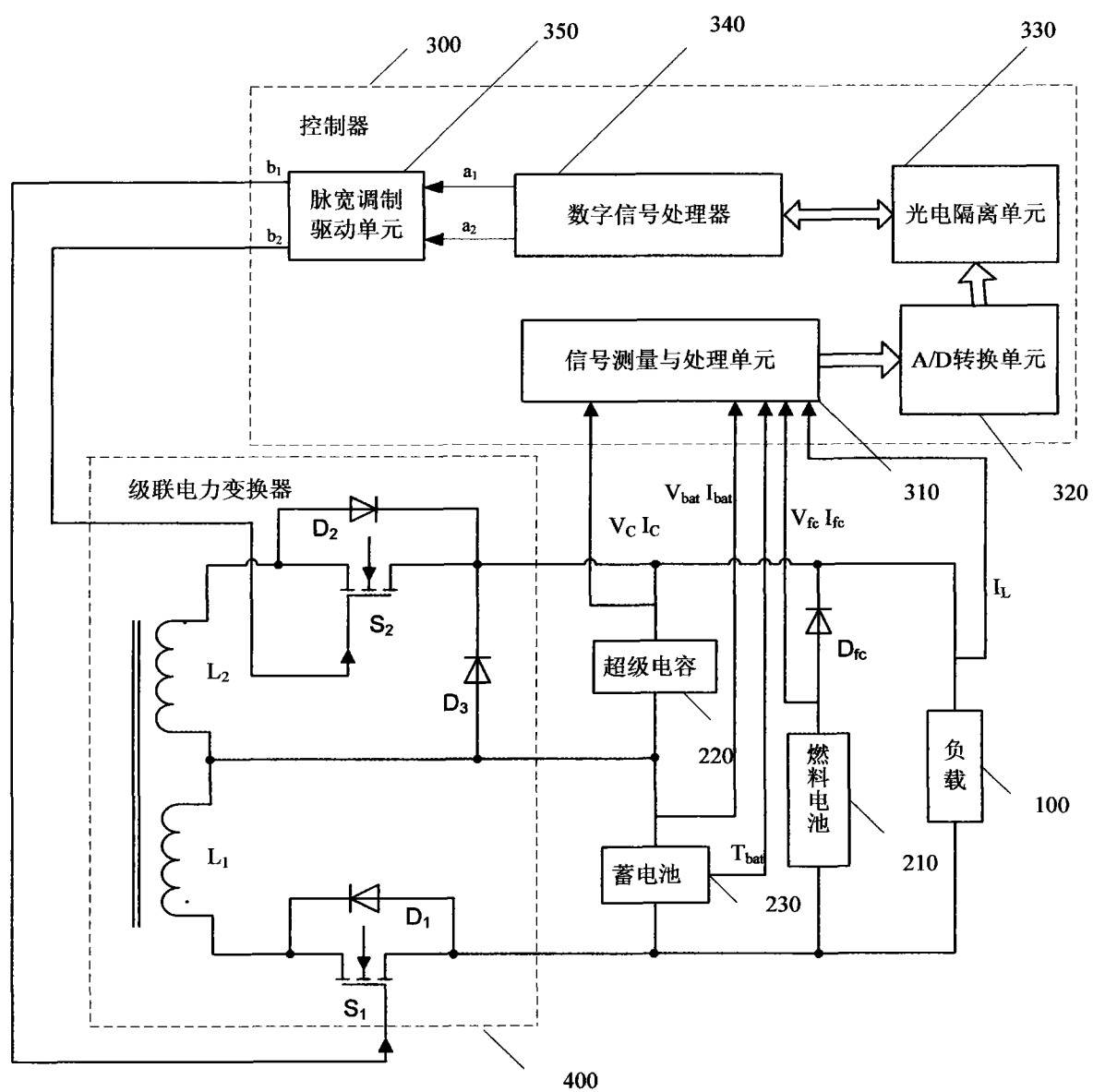


图 1