

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102458905 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 16

(21) 申请号 200980159746. 4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2009. 06. 08

B60L 11/18(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日
2011. 12. 07

B60L 15/20(2006. 01)

H01M 8/00(2006. 01)

H01M 8/04(2006. 01)

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2009/060423 2009. 06. 08

(87) PCT申请的公布数据

W02010/143247 JA 2010. 12. 16

(71) 申请人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县丰田市

(72) 发明人 森裕晃 马屋原健司

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

代理人 高培培 车文

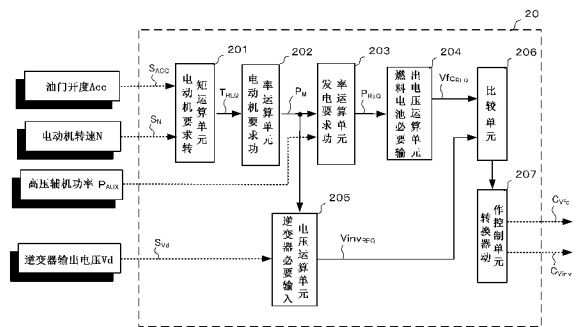
权利要求书 1 页 说明书 12 页 附图 8 页

(54) 发明名称

燃料电池系统及其电力控制方法

(57) 摘要

提供一种通过禁止不必要的 DC-DC 转换器的动作而能够减少消耗电力的燃料电池系统及其电力控制方法。一种燃料电池系统,其具备:与负载装置连接的逆变器;连接在燃料电池与逆变器之间且设定燃料电池的输出电压的第一转换器;及连接在蓄电装置与逆变器之间且设定逆变器的输入电压的第二转换器,所述燃料电池系统具备:运算燃料电池的必要输出电压的燃料电池必要输出电压运算单元(204);运算逆变器的必要输入电压的逆变器必要输入电压运算单元(205);对燃料电池的必要输出电压与逆变器的必要输入电压进行比较的比较单元(206);及当判定为燃料电池的必要输出电压为逆变器的必要输入电压以上时使第一转换器的动作停止的转换器动作控制单元(207)。



1. 一种燃料电池系统,其特征在于,具备:
与负载装置连接的逆变器;
连接在燃料电池与所述逆变器之间且设定所述燃料电池的输出电压的第一转换器;
连接在蓄电装置与所述逆变器之间且设定所述逆变器的输入电压的第二转换器;及
对所述第一转换器及所述第二转换器进行控制的控制装置,
所述控制装置将所述燃料电池的必要输出电压及所述逆变器的必要输入电压中大的一方的电压作为所述逆变器的输入电压而输出。
2. 根据权利要求 1 所述的燃料电池系统,其中,
所述控制装置对所述燃料电池的必要输出电压与所述逆变器的必要输入电压进行比较,
当判定为所述燃料电池的必要输出电压为所述逆变器的必要输入电压以上时,使所述第一转换器的动作停止。
3. 一种燃料电池系统,具备:与负载装置连接的逆变器;连接在燃料电池与所述逆变器之间且设定所述燃料电池的输出电压的第一转换器;及连接在蓄电装置与所述逆变器之间且设定所述逆变器的输入电压的第二转换器,所述燃料电池系统的特征在于,具备:
运算所述燃料电池的必要输出电压的燃料电池必要输出电压运算单元;
运算所述逆变器的必要输入电压的逆变器必要输入电压运算单元;
对所述燃料电池的必要输出电压与所述逆变器的必要输入电压进行比较的比较单元;
及
当判定为所述燃料电池的必要输出电压为所述逆变器的必要输入电压以上时,使所述第一转换器的动作停止的转换器动作控制单元。
4. 根据权利要求 2 或 3 所述的燃料电池系统,其中,
所述第一转换器在所述第一转换器的动作停止期间,维持为将所述燃料电池和所述逆变器电导通的状态。
5. 根据权利要求 2 或 3 所述的燃料电池系统,其中,
当判定为所述燃料电池的必要输出电压为在所述逆变器的必要输入电压上加上第一延缓电压所得到的电压以上时,使所述第一转换器的动作停止。
6. 根据权利要求 2 至 5 中任一项所述的燃料电池系统,其中,
当判定为所述燃料电池的必要输出电压低于在所述逆变器的必要输入电压上加上第二延缓电压所得到的电压时,使所述第一转换器的动作开始。
7. 一种电力控制方法,其用于燃料电池系统,该燃料电池系统具备:与负载装置连接的逆变器;连接在燃料电池与所述逆变器之间且设定所述燃料电池的输出电压的第一转换器;及连接在蓄电装置与所述逆变器之间且设定所述逆变器的输入电压的第二转换器,所述电力控制方法的特征在于,具备:
运算所述燃料电池的必要输出电压的步骤;
运算所述逆变器的必要输入电压的步骤;
对所述燃料电池的必要输出电压与所述逆变器的必要输入电压进行比较的步骤;及
当判定为所述燃料电池的必要输出电压为所述逆变器的必要输入电压以上时,使所述第一转换器的动作停止的步骤。

燃料电池系统及其电力控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及搭载于车辆的燃料电池系统,尤其是涉及具备两个 DC-DC 转换器的燃料电池系统。

背景技术

[0002] 作为搭载于车辆的燃料电池系统,开发有具备多个 DC-DC 转换器的系统。例如,在日本特开 2007-209161 号公报中公开有一种燃料电池系统,具备:配置在蓄电装置与逆变器之间的第一 DC-DC 转换器;及配置在燃料电池与逆变器之间的第二 DC-DC 转换器。

[0003] 在该系统中,构成为,当目标电动机输出大于规定的阈值时,将第一 DC-DC 转换器设定成断开状态,将第二 DC-DC 转换器设定成直接连接状态,将输出大的燃料电池的输出电力优先于蓄电装置的输出电力向电动机供给。另外,当目标电动机输出小于阈值时,使第一 DC-DC 转换器动作并从蓄电装置供给辅助电力,将第二 DC-DC 转换器形成直接电连接状态。通过此种结构,防止车辆的行驶性能下降的情况,并能够进行高效率的电力转换(专利文献 1)。

[0004] 专利文献 1:日本特开 2007-209161 号公报

发明内容

[0005] 然而,在上述专利文献 1 的发明中,由于基于电动机输出电力对第一 DC-DC 转换器及第二 DC-DC 转换器进行切换,因此有时燃料电池的输出电压会高于逆变器的输入电压。这种情况下,尽管无需对燃料电池的输出电压进行升压,但也会不必要地驱动 DC-DC 转换器(在专利文献 1 中为第二 DC-DC 转换器)。即,浪费地消耗转换器的动作电力。

[0006] 因此,为了解决上述问题点,在本发明的优选的形态中,其目的在于提供一种通过禁止不必要的 DC-DC 转换器的动作而能够减少消耗电力的燃料电池系统及其电力控制方法。

[0007] 解决上述课题的燃料电池系统的一形态的特征在于,具备:与负载装置连接的逆变器;连接在燃料电池与逆变器之间且设定燃料电池的输出电压的第一转换器;连接在蓄电装置与逆变器之间且设定逆变器的输入电压的第二转换器;及对第一转换器及第二转换器进行控制的控制装置,控制装置将燃料电池的必要输出电压及逆变器的必要输入电压中的大的一方的电压作为逆变器的输入电压而输出。

[0008] 根据上述结构,由于选择燃料电池的必要输出电压和逆变器的必要输入电压中的大的一方,因此避免燃料电池的输出电压高于逆变器的输入电压的情况。由此,能够禁止无用地使第一转换器动作的情况。

[0009] 具体而言,控制装置对燃料电池的必要输出电压与逆变器的必要输入电压进行比较,当判定为燃料电池的必要输出电压为逆变器的必要输入电压以上时,使第一转换器的动作停止。

[0010] 即,本发明的燃料电池的另一形态具备:与负载装置连接的逆变器;连接在燃料

电池与逆变器之间且设定燃料电池的输出电压的第一转换器；及连接在蓄电装置与逆变器之间且设定逆变器的输入电压的第二转换器，所述燃料电池系统的特征在于，具备：运算燃料电池的必要输出电压的燃料电池必要输出电压运算单元；运算逆变器的必要输入电压的逆变器必要输入电压运算单元；对燃料电池的必要输出电压与逆变器的必要输入电压进行比较的比较单元；及当判定为燃料电池的必要输出电压为逆变器的必要输入电压以上时，使第一转换器的动作停止的转换器动作控制单元。

[0011] 另外，本发明的燃料电池用的电力控制方法的一形态中，该燃料电池系统具备：与负载装置连接的逆变器；连接在燃料电池与逆变器之间且设定燃料电池的输出电压的第一转换器；及连接在蓄电装置与逆变器之间且设定逆变器的输入电压的第二转换器，所述电力控制方法的特征在于，具备：运算燃料电池的必要输出电压的步骤；运算逆变器的必要输入电压的步骤；对燃料电池的必要输出电压与逆变器的必要输入电压进行比较的步骤；及当判定为燃料电池的必要输出电压为逆变器的必要输入电压以上时，使第一转换器的动作停止的步骤。

[0012] 根据上述结构，在判定为燃料电池的必要输出电压在逆变器的必要输入电压以上时，由于第一转换器的动作成为禁止状态，因此能够抑制无用的电力转换动作。

[0013] 本发明根据希望能够选择性地附加以下的要素。

[0014] (1) 第一转换器优选在第一转换器的动作停止期间，维持为将燃料电池和逆变器电导通的状态。根据此种结构，在第一转换器的动作停止期间，逆变器的必要输入电压成为燃料电池的输出电压，能够向以来自蓄电装置的电力供给为中心的低效率运转状态移动。

[0015] (2) 优选当判定为燃料电池的必要输出电压为在逆变器的必要输入电压上加上第一延缓电压所得到的电压以上时，使第一转换器的动作停止。根据上述结构，在逆变器的必要输入电压上加上与停止时的容限相当的第一延缓电压所得到的电压以上时，第一逆变器的停止条件才开始齐备。因此，在燃料电池的必要输出电压成为逆变器的必要输入电压以上之后，等待直至经过若干的待机时间为止，因此能够可靠地在逆变器的输入电压高于燃料电池的输出电压后使第一转换器停止。由此，能够可靠地抑制无用的电力消耗。

[0016] (3) 优选当判定为燃料电池的必要输出电压低于在逆变器的必要输入电压上加上第二延缓电压所得到的电压低时，在经过了第二待机时间后使第一转换器的动作开始。根据上述结构，在判定为低于在逆变器的必要输入电压上加上与动作开始时的容限相当的第二延缓电压所得到的电压时，第一逆变器的动作开始条件才开始齐备。因此，在燃料电池的必要输出电压低于逆变器的必要输入电压之前使第一逆变器的动作开始，因此能够没有响应延迟地使燃料电池的电力转换开始。由此，能够抑制向负载装置供给的电力发生不足的情况。

[0017] 发明效果

[0018] 根据上述发明，由于将 DC-DC 转换器的不必要的驱动禁止，因此能够减少燃料电池系统的消耗电力。

附图说明

[0019] 图 1 是实施方式的 FCHV 系统的系统结构图。

[0020] 图 2 是执行本实施方式的燃料电池系统的电力控制的功能框图。

[0021] 图 3 是表示燃料电池的电流 - 电压 (I-V) 特性 f0 和燃料电池要求功率 P_{REQ} 的等电力线的特性图。

[0022] 图 4 是表示燃料电池中的发电电力 (Pfc) - 输出端子电压 (Vfc) 特性 f1 和电动机的驱动电力 (PM) - 输入端子电压 (Vinv) 特性 f2 的特性图。

[0023] 图 5 是燃料电池必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 和逆变器必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 的时间变化例。

[0024] 图 6 是在图 4 的特性中适用了本发明时的逆变器输入单位电压 V_{inv} 的时间变化例。

[0025] 图 7 是本实施方式 1 的燃料电池系统的电力控制流程图。

[0026] 图 8 是本实施方式 1 中的第一转换器 11 的驱动控制命令 $C_{V_{fc}}$ 的例子。

[0027] 图 9 是说明本实施方式 2 的第一转换器 11 切换的时间的波形图。

[0028] 图 10 是本实施方式 2 的燃料电池系统的电力控制流程图。

具体实施方式

[0029] 接下来,参照附图,说明用于实施本发明的优选的实施方式。

[0030] 在以下的附图的记载中,利用相同或类似的标号表示相同或类似的部分。但是,附图是示意性的图。因此,具体的特性等应参照以下的说明来判断。另外,在附图相互之间当然也包含相互的特性不同的部分。另外,在以下的实施方式中,记载了利用一个控制装置进行全部的处理的情况,但也包括多个控制部协作来完成本发明的控制处理的情况。

[0031] (实施方式 1)

[0032] 本实施方式 1 涉及本发明的基本形态的将燃料电池的必要输出电压及逆变器的必要输入电压中的大的一方的电压作为逆变器的输入电压而输出的发明。尤其是涉及一种电力控制方法,其特征在于,对燃料电池的必要输出电压和逆变器的必要输入电压进行比较,当判定为燃料电池的必要输出电压为逆变器的必要输入电压以上时,使第一转换器的动作停止。

[0033] (系统结构)

[0034] 图 1 是本实施方式 1 的搭载于车辆的燃料电池系统 100 的框图。此种车辆是混合动力型燃料电池车 (FCHV: Fuel Cell Hybrid Vehicle)。

[0035] 燃料电池系统 100 构成为具备燃料电池 10、第一转换器 11、第二转换器 12、蓄电池 13、逆变器 14、电动机 15、辅机逆变器 18、高压辅机 19 及控制装置 20。

[0036] 燃料电池 10 是将多个单元电池串联层叠而构成的发电单元。单元电池具有利用隔板将膜/电极接合体 (MEA: Membrane Electrode Assembly) 夹入的结构,该膜/电极接合体利用阳极及阴极将高分子电解质膜等的离子交换膜夹入而形成。阳极是将阳极用催化剂层设置在多孔质支承层上而成,阴极是将阴极用催化剂层设置在多孔质支承层上而成。经由隔板从未图示的燃料气体供给系统向各单元电池的阳极供给燃料气体 (例如氢气)。经由隔板从未图示的氧化气体供给系统向各单元电池的阴极供给氧化气体 (例如空气)。在隔板形成有冷却液的流路,从未图示的冷却液供给系统供给冷却液。在燃料电池 10 中,在阳极处产生 (1) 式的氧化反应,在阴极处产生 (2) 式的还原反应,作为燃料电池 10 整体产生 (3) 式的起电反应。

[0037] $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^- \cdots (1)$

[0038] $(1/2)O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O \cdots (2)$

[0039] $H_2 + (1/2)O_2 \rightarrow H_2O \cdots (3)$

[0040] 通过将多个单元电池串联连接,燃料电池 10 将输出端子电压 V_{fc} 向输出端子输出。燃料电池 10 具有规定的电流 - 电压输出特性,对应于输出端子电压 V_{fc} 的变化,而输出电流及输出电力发生变化。

[0041] 第一转换器 11 是电压转换器,具备作为 DC-DC 转换器的结构。第一转换器 11 使用三相运转方式时,例如具备三相桥形转换器等电路结构。三相桥形转换器具备由电抗器、整流用的二极管、IGBT(Insulated Gate Bipolar transistor:绝缘栅双极型晶体管)等构成的开关元件。通过将这些元件组合,而形成将输入的直流电压暂时转换成交流,类似逆变器的电路部分和对该交流再次进行整流而转换成不同的直流电压的部分。需要说明的是,第一转换器 11 的电路结构并不局限于上述情况,而可以采用能够进行燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 的控制的所有的结构。

[0042] 第一转换器 11 在一次侧连接有燃料电池 10 的输出端子,在二次侧连接有逆变器 14 的输入端子。第一转换器 11 构成为按照来自控制装置 20 的用于进行驱动的命令 $C_{V_{fc}}$,来控制一次侧的端子电压(燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc})。即,通过该第一转换器 11 控制成使燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 变为与目标输出对应的电压(即,目标输出端子电压 V_{fc})。而且第一转换器 11 以如下方式构成,即以使燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 与逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 匹配的方式对电压进行转换。另外,第一转换器 11 构成为在从控制装置 20 接受到使动作停止的命令 $C_{V_{fc}}$ 时,使内部的开关元件的一部分形成为接通状态,而成为将一次侧和二次侧直接电连接的状态。

[0043] 蓄电池 13 是蓄电装置,作为由燃料电池 10 发电的电力中的剩余电力的贮藏源、再生制动时的再生能量贮藏源、伴随着燃料电池车辆的加速或减速的负载变动时的能量缓冲器而发挥功能。作为蓄电池 13,利用例如镍 / 镉蓄电池、镍 / 氢蓄电池、锂二次电池等二次电池。蓄电池 13 的输出端子电压 V_{BAT} 成为第二转换器 12 的输入端子电压。

[0044] 第二转换器 12 是电压转换器,具备与第一转换器 11 同样的作为 DC-DC 转换器的结构。第二转换器 12 在一次侧连接有蓄电池 13 的输出端子,在二次侧连接有逆变器 14 的输入端子。第二转换器 12 构成为按照来自控制装置 20 的命令 $C_{V_{inv}}$ 来控制二次侧的端子电压(逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv})。例如,在电动机 15 的要求电力发生变化时,第二转换器 12 使逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 变化至所设定的目标输入电压。并且,逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 到达了目标输入电压后,第一转换器 11 以控制燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 的方式按阶梯进行控制。需要说明的是,第二转换器 12 的电路结构可以采用能够进行逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 的控制的所有的结构。

[0045] 逆变器 14 是电力转换器,构成为将供给至输入端子的直流电流转换成交流电流而向电动机 15 供给。逆变器 14 的电路结构例如具备以脉冲宽度调制方式驱动的 PWM 逆变器电路。逆变器 14 构成为按照来自控制装置 20 的指示逆变器要求电压的命令 C_{V_d} 而将具有规定的驱动电压 V_d (有效值)的三相交流电力向电动机 15 供给。另外,构成为将在当前时刻输出的驱动电压(逆变器输出电压) V_d 作为驱动电压信号 S_{V_d} 向控制装置 20 输出。

[0046] 电动机 15 是车辆行驶用的牵引式电动机,在供给驱动电力时对本车辆施加推动

力,在减速时产生再生电力。差速器 16 是减速装置,构成为以规定的比率对电动机 15 的高速旋转进行减速,并使设有轮胎 17 的轴旋转。转速传感器 23 检测电动机 15 的转速而将转速信号 S_N 向控制装置 20 输出。

[0047] 辅机逆变器 18 是电力转换器,构成为将向输入端子供给的直流电流转换成交流电流而向高压辅机 19 供给。辅机逆变器 18 的电路结构与上述逆变器 14 相同。辅机逆变器 18 构成为按照来自控制装置 20 的命令 C_{Vd2} 将具有规定的驱动电压 $Vd2$ (有效值) 的三相交流电力向高压辅机 19 供给。需要说明的是,高压辅机 19 是用于使本燃料电池系统 100 发挥功能的未图示的加湿器、空气压缩机、氢泵及冷却液泵等的总称。

[0048] 控制装置 20 是对燃料电池系统 100 进行控制的计算机系统,例如具备 CPU、RAM、ROM 等。控制装置 20 从油门开度传感器 21 输入与油门开度 Acc 对应的油门开度信号 S_{ACC} 。另外,输入来自传感器组 22 的各种信号,并实施控制所需的各种运算。作为传感器组 22,包括检测燃料电池 10 的输出电流的电流传感器、检测输出端子电压 V_{fc} 的电压传感器、检测燃料电池 10 的冷却液温度的温度传感器、检测空气压缩机、氢泵及冷却液泵等的转速的转速传感器等。另外,控制装置 20 输入来自检测电动机 15 的转速 N 的转速传感器 23 的转速信号 S_N 。

[0049] 控制装置 20 参照这些信号而控制系统整体。

[0050] 概略说明时,控制装置 20 基于油门开度 Acc 及电动机转速 N 来运算电动机要求转矩 T_{REQ} 。然后,基于电动机要求转矩 T_{REQ} 和电动机转速 N 来运算电动机要求功率 P_M 。接下来,基于电动机要求功率 P_M 等来运算发电要求功率 P_{REQ} 。然后,根据燃料电池 10 的电流-电压 ($I-V$) 特性,来运算为了输出发电要求功率 P_{FC} 所需的燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 即要求输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 。根据需要,控制装置 20 决定燃料电池 10 与蓄电池 13 的各自的输出电力的分配。并且,输出控制燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 的命令 $C_{V_{fc}}$,以成为求出的要求输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 。另外,为了将求出的蓄电池 13 的要求电力取出,而向第二转换器 12 输出命令 $C_{V_{inv}}$,控制逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 。另外,控制装置 20 为了得到电动机要求转矩 T_{REQ} ,而向逆变器 14 输出命令 C_{V_d} ,输出所希望的驱动电压 V_d ,控制电动机 15 的转矩。

[0051] 尤其是在本实施方式 1 中的特征在于,控制装置 20 输出命令 C_{V_d} ,该命令 C_{V_d} 是将燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 及逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 中的大的一方的电压作为逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 而输出的命令。

[0052] (功能块)

[0053] 图 2 表示通过本实施方式 1 的控制装置 20 所功能性地实现的、用于实现燃料电池系统 100 的电力控制的功能框图。控制装置 20 定期或不定期地调出执行本发明的控制处理(参照图 8)的程序,从而功能性地实现这些功能块。

[0054] 需要说明的是,图 2 所示的功能块是便于区分功能的结构,未必非要像图 2 那样进行功能分离。只要是能够基于图 2 所列举的输入而控制逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 的结构即可,也可以通过与图 2 不同的功能块来实现同样的功能。

[0055] 如图 2 所示,控制装置 20 构成为作为功能块具备电动机要求转矩运算单元 201、电动机要求功率运算单元 202、发电要求功率运算单元 205、燃料电池必要输出电压运算单元 204、逆变器必要输入电压运算单元 205、比较单元 206 及转换器动作控制单元 207。

[0056] 电动机要求转矩运算单元 201 基于从油门开度信号 S_{ACC} 取得的油门开度 Acc 及从

转速信号 S_N 取得的电动机 15 的转速 N , 来运算输出要求转矩, 并运算电动机 15 的要求转矩 T_{REQ} 。作为电动机的一般的特性, 在决定电动机的转速 N 及油门开度 Acc 时, 决定根据转速而能够产生的转矩 (以下将该特性称为“N-T 特性”)。电动机要求转矩运算单元 201 基于油门开度 Acc , 参照此种 N-T 特性, 运算电动机要求转矩 T_{REQ} 。

[0057] 电动机要求功率运算单元 202 是基于电动机要求转矩 T_{REQ} 来运算电动机要求功率的功能块。电动机要求功率 P_M 成为将电动机要求转矩 T_{REQ} 乘以转速 N 所得到的值 ($P_M = N \times T_{REQ}$)。

[0058] 发电要求功率运算单元 203 是基于电动机要求功率 P_M 来运算燃料电池的发电要求功率 P_{REQ} 的功能块。发电要求功率 P_{REQ} 除了运算出的电动机要求功率 P_M 之外, 还与电动机以外的负载装置的要求功率总计而进行运算。例如, 算出在高压辅机 19 中所需的高压辅机功率 P_{AUX} 与电动机要求功率 P_M 相加所得到的值作为发电要求功率 P_{REQ} 。

[0059] 燃料电池必要输出电压运算单元 204 基于求出的发电要求功率 P_{REQ} 来运算燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 。

[0060] 图 3 表示燃料电池 10 的输出电流 - 输出电压 (I-V) 特性 f_0 和燃料电池要求功率 P_{REQ} 的等电力线。通常运转时, 燃料电池 10 按照图 3 所示那样的燃料电池 I-V 特性来使所述燃料电池 10 的输出电流及输出电压变化。通过上述运算所求出的燃料电池要求功率 P_{REQ} 在图 3 中成为由虚线所示那样的双曲线状的等电力线。燃料电池 I-V 特性 f_0 与燃料电池要求功率 P_{REQ} 的交点成为本燃料电池系统 100 的动作点 p_0 。

[0061] 因此, 燃料电池必要输出电压运算单元 204 预先存储图 3 的燃料电池 I-V 特性 f_0 , 求出发电要求功率 P_{REQ} 后, 参照存储的燃料电池 I-V 特性 f_0 , 算出与求得的燃料电池要求功率 P_{REQ} 的交点。该交点是特定燃料电池 10 的要求输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 和要求输出电流 $I_{fc_{REQ}}$ 的动作点 p_0 。需要说明的是, 燃料电池 10 的要求输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 可以参照后述的图 4 中说明的燃料电池 P-V 特性 f_1 , 作为与燃料电池要求功率 P_{REQ} 对应的燃料电池输出电压而求出。

[0062] 逆变器必要输入电压运算单元 205 是运算逆变器 14 用的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 的功能块。逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 作为为了将求出的电动机要求功率 P_M 向逆变器 14 输出所需的逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 而求出。

[0063] 图 4 表示燃料电池 10 中的发电电力 (Pfc) - 输出端子电压 (Vfc) 特性 (燃料电池 P-V 特性) f_1 和电动机 15 的驱动电力 (P_M) - 逆变器 14 的输入端子电压 (V_{inv}) 特性 (电动机输出特性) f_2 。在图 4 中, 如燃料电池 P-V 特性 f_1 所示, 在燃料电池 10 中随着输出端子电压 V_{fc} 减少而发电功率上升。另外, 在图 4 中, 如电动机输出特性 f_2 所示, 随着电动机 15 的驱动电力上升而相对于逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 上升。在图 4 的电动机输出特性 f_2 中, 电动机 15 的驱动电力对应于在上述运算中求出的电动机要求功率 P_M 。逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 对应于在上述运算中求出的逆变器 14 的要求输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 。

[0064] 逆变器必要输入电压运算单元 205 预先存储图 4 的电动机输出特性 f_2 所示的电动机 15 的驱动电力 (P_M) - 逆变器 14 的输入端子电压 (V_{inv}) 特性。并且, 基于求出的电动机要求功率 P_M , 参照所存储的电动机输出特性 f_2 , 算出逆变器 14 的要求输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 。

[0065] 比较单元 206 是对求出的燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 与逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 进行比较的功能块。

[0066] 为了以电动机 15 所要求的功率 (电动机要求功率 P_M) 来进行驱动, 而必须将由图

4 的电动机输出特性 f2 特定的输入端子电压 V_{inv} 作为最低电压向逆变器 14 输入。在此,在图 4 中,燃料电池 P-V 特性 f1 和电动机输出特性 f2 在与电力阈值 P_{th} 对应的交点 p1 处交叉。在比该电力阈值 P_{th} 高的电力的区域 B 中,当燃料电池 10 向电动机 15 供给必要的电力时,燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 低于逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 。因此,必须使燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 升压至必要的逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 。进行该升压处理的装置是第一转换器 11。

[0067] 另一方面,在图 4 所示的电力阈值 P_{th} 以下的电力的区域 A 中,燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 高于为了驱动电动机 15 所需的逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 。由此,在区域 A 的动作中,不存在使燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 进一步升压的必要性。是也可以将燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 作为逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 进行供给的情况。

[0068] 比较单元 206 对燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 和逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 进行比较。该比较等于在与图 4 的电力阈值 P_{th} 的比较中检测是在区域 A 侧进行动作还是在区域 B 侧进行动作的情况。转换器动作控制单元 207 进行该判定。

[0069] 转换器动作控制单元 207 是在判定为燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 为逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 以上时使第一转换器 11 的动作停止的功能块。具体而言,转换器动作控制单元 207 将根据上述判定而使动作停止或继续的命令 $C_{V_{fc}}$ 向第一转换器 11 输出。第一转换器 11 在接受到使动作停止的命令 $C_{V_{fc}}$ 时,使电压转换动作停止,并将第一转换器 11 的一次侧和二次侧直接电连接,即维持成导通的状态。由此,燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 与逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 相等。通过上述的处理,将燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 及逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 中的大的一方的电压向逆变器 14 输出。

[0070] 图 5 表示燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 和逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 的时间变化例。在燃料电池车中,由于油门开度的变化等而负载条件时刻发生变化。若负载条件变化,则电动机要求功率 P_M 发生变动。每当电动机要求功率 P_M 变动时,如图 4 中说明所示,动作点向区域 A 侧移动或向区域 B 侧移动。在动作点向区域 A 移动期间,燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 高于逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 。另一方面,在动作点向区域 B 移动期间,逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 高于燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 。图 5 是利用时间轴来绘制此种必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 及逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 的变化的图。

[0071] 图 6 表示在本实施方式 1 的燃料电池系统 100 中,如图 5 的例子那样燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 和逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 发生变化时的向逆变器 14 供给的输入端子电压 V_{inv} 的变化。在本燃料电池系统 100 中,通过上述比较单元 206 及转换器动作控制单元 207 的作用,将燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 及逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 中的大的一方的电压作为逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 而输出。

[0072] 由此,如图 6 所示,在逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 大于燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 时,判断为动作点处于图 4 的区域 B。由此,将第二转换器 12 输出的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 向逆变器 14 输入。另一方面,在燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 大于逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 时,判断为动作点处于图 4 的区域 A。由此,第一转换器 11

的动作停止而成为直接连接状态,其结果是,燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} (即燃料电池必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$) 经由第一转换器 11 直接向逆变器 14 供给。

[0073] 需要说明的是,动作点存在于区域 A 时,第二转换器 12 也可以使蓄电池 13 的输出端子电压 V_{BAT} 升压至燃料电池必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$,但也可以为切断状态。在形成为切断状态时,通过在第二转换器 12 中将开关元件全部形成为断开状态等的控制,而将第二转换器 12 的一次侧和二次侧形成为电绝缘。通过形成为切断状态,而能够抑制因第二转换器 12 的动作所产生的电力消耗。

[0074] (动作)

[0075] 接下来,参照图 6 的流程图说明利用上述功能块所实现的本实施方式 1 的燃料电池系统 100 的电力控制处理。以下的控制处理成为定期地或不定期地反复执行的处理。例如,在本实施方式中,以每规定的控制周期,调出(调用)执行图 6 所示那样的控制处理的软件程序。

[0076] 在步骤 S10 中,控制装置 20 判定是否为每控制周期访问的控制时间。判定的结果是控制时间已到来时(是),向步骤 S11 移动,图 2 所示的电动机要求转矩运算单元 201 从油门开度传感器 21 读入油门开度信号 S_{ACC} ,从转速传感器 23 读入转速信号 S_N 。并且基于油门开度信号 S_{ACC} 所示的油门开度 Acc 和转速信号 S_N 所示的电动机转速 N ,来运算输出要求转矩,进而运算电动机要求转矩 T_{REQ} 。即,参照表示规定的 N - T 特性的数据表或关系式,而特定与油门开度 Acc 对应的转速 N -电动机要求转矩特性 T_{REQ} ,并根据该 N - T 特性来运算与电动机转速 N 对应的电动机要求转矩 T_{REQ} 。

[0077] 接下来向步骤 S12 移动,图 2 所示的电动机要求功率运算单元 202 基于电动机要求转矩 T_{REQ} 来运算电动机要求功率 P_M 。具体而言,运算电动机要求转矩 T_{REQ} 乘以转速 N 所得到的值作为电动机要求功率 $P_M (= N \times T_{REQ})$ 。

[0078] 接下来,向步骤 S13 移动,图 2 所示的发电要求功率运算单元 203 将如下值作为发电要求功率 P_{REQ} 而算出,该值是将运算出的电动机要求功率 P_M 和在高压辅机 19 中所需的高压辅机功率 P_{AUX} 相加所得到的值。

[0079] 接下来向步骤 S14 移动,图 2 所示的燃料电池必要输出电压运算单元 204 参照图 3 所示那样的燃料电池 I - V 特性 f_0 。并且,特定求出的燃料电池要求功率 P_{REQ} 与燃料电池 I - V 特性 f_0 的交点,并运算燃料电池 10 的要求输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 。

[0080] 接下来向步骤 S15 移动,图 2 所示的逆变器必要输入电压运算单元 205 基于求出的电动机要求功率 P_M ,参照图 4 所示的电动机输出特性 f_2 ,算出逆变器 14 的要求输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 。

[0081] 接下来在步骤 S16 中,图 2 所示的比较单元 206 对求出的燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 与逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 进行比较。其结果是,在判定为燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 为逆变器 14 的必要输入电压 $V_{inv_{REQ}}$ 以上时(是),向步骤 S17 移动。然后,图 2 所示的转换器动作控制单元 207 将使第一转换器 11 的动作停止的命令 $C_{V_{fc}}$ 向第一转换器 11 输出。接受到使动作停止的命令 $C_{V_{fc}}$ 的第一转换器 11 使电压转换动作停止而将所述第一转换器 11 的一次侧和二次侧直接电连接。通过该动作,供给燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 作为逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 。

[0082] 另一方面,在步骤 S16 中,在判定为燃料电池 10 的必要输出电压 $V_{fc_{REQ}}$ 低于逆变

器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 时 (否), 向步骤 S18 移动。转换器动作控制单元 207 将使第一转换器 11 的动作继续的命令 C_{Vfc} 向第一转换器 11 输出。接受到该命令, 第一转换器 11 继续进行使燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 升压至由第二转换器 12 向逆变器 14 供给的输入端子电压 V_{inv} 的动作。

[0083] 需要说明的是, 在步骤 S10 中, 判断为不是控制时间时 (否), 不执行该控制处理而结束。

[0084] 图 8 表示通过上述电力处理而发生变化的向第一转换器 11 的驱动控制命令 C_{Vfc} 的例子。如图 8 所示, 在燃料电池 10 的必要输出电压 V_{fc_REQ} 为逆变器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 以上时, 向第一转换器 11 输出驱动的指令。另一方面, 在判定为燃料电池 10 的必要输出电压 V_{fc_REQ} 低于逆变器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 时, 向第一转换器 11 输出驱动停止的指令。

[0085] 通过以上的处理, 该电力处理关联中, 向逆变器 14 输出燃料电池 10 的必要输出电压 V_{fc_REQ} 及逆变器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 中的大的一方的电压。

[0086] (本实施方式 1 中的优点)

[0087] 根据本实施方式 1, 具有以下优点。

[0088] (1) 选择燃料电池 10 的必要输出电压 V_{fc_REQ} 及逆变器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 中的大的一方, 因此避免燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 高于逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 的情况。由此, 避免无用的第一转换器 11 的动作, 能够抑制转换器动作的电力消耗。

[0089] (2) 在判定为燃料电池 10 的必要输出电压 V_{fc_REQ} 为逆变器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 以上时, 使第一转换器 11 的动作停止, 因此能够抑制无用的电力转换动作。

[0090] (3) 第一转换器 11 在被指令动作停止时维持成将一次侧和二次侧直接电连接的状态, 因此通过使动作停止的命令 C_{Vfc} , 能够容易地将燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 向逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 供给。

[0091] (4) 对于第二转换器 12, 在使第一转换器 11 为动作停止状态期间形成为切断状态时, 还能够抑制第二转换器 12 的消耗电力。

[0092] (实施方式 2)

[0093] 本实施方式 2 涉及通过对上述实施方式 1 的电力控制施加磁滞控制, 而能够进行稳定且没有响应延迟的电力控制的燃料电池系统 100 的电力控制方法。

[0094] 在本实施方式 2 中, 关于燃料电池系统 100 的结构, 由于与基于图 1 ~ 图 6 说明的上述实施方式 1 同样, 因此使用相同的标号省略其说明。

[0095] 关于图 2 所示的功能框图的结构, 也与上述实施方式 1 相同。但是, 在比较单元 206 及转换器动作控制单元 207 中, 向第一转换器 11 发送用于指示动作停止及动作开始的驱动控制命令 C_{Vfc} 的时间不同。

[0096] 图 9 表示说明本实施方式 2 的第一转换器 11 切换的时间的波形图。图 9 是将图 5 所示那样的燃料电池必要输出电压 V_{fc_REQ} 和逆变器必要输入电压 V_{inv_REQ} 的时间变化的一部分放大的图。

[0097] 在上述实施方式 1 中, 当判定为燃料电池 10 的必要输出电压 V_{fc_REQ} 为逆变器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 以上时, 使第一转换器 11 的动作停止。另外, 当判定为燃料电池 10 的必要输出电压 V_{fc_REQ} 低于逆变器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 时, 使第一转换器 11 的动作

开始。

[0098] 相对于此,在本实施方式 2 中,即使燃料电池 10 的必要输出电压 V_{fc_REQ} 为逆变器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 以上,在该时刻也不使第一转换器 11 的动作停止。在必要输出电压 V_{fc_REQ} 与必要输入电压 V_{inv_REQ} 之差进而成为作为容限的第一延缓电压 $\Delta V1$ 以上的差时才开始使第一转换器 11 的动作停止。即,在满足式 (4) 的关系时,使第一转换器 11 的动作停止。

[0099] 必要输出电压 $V_{fc_REQ} \geq \text{必要输入电压 } V_{inv_REQ} + \Delta V1 \cdots (4)$

[0100] 另外,在本实施方式 2 中,为了使第一转换器 11 的动作开始,而等到燃料电池 10 的必要输出电压 V_{fc_REQ} 低于逆变器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 为止。必要输出电压 V_{fc_REQ} 接近必要输入电压 V_{inv_REQ} 而两者之差进入到作为容限的第二延缓电压 $\Delta V2$ 以内时,提前进行指示第一转换器 11 的运动的再次开始。即,满足式 (5) 的关系时,使第一转换器 11 的动作开始。

[0101] 必要输出电压 $V_{fc_REQ} \geq \text{必要输入电压 } V_{inv_REQ} - \Delta V2 \cdots (5)$

[0102] 接下来,参照图 6 的流程图,说明本实施方式 2 的燃料电池系统 100 的电力控制处理。

[0103] 步骤 S10 ~ 步骤 S15 与上述实施方式 1 同样,因此省略其说明。

[0104] 在步骤 S21 中,比较单元 206 对求出的燃料电池 10 的必要输出电压 V_{fc_REQ} 是否为逆变器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 与第一延缓电压 $\Delta V1$ 的总计电压以上进行比较。其结果是,当判定为必要输出电压 V_{fc_REQ} 在必要输入电压 $V_{inv_REQ} + \text{第一延缓电压 } \Delta V1$ 以上时(是),向步骤 S22 移动。在步骤 S22 中,转换器动作控制单元 207 将使第一转换器 11 的动作停止的命令 $C_{V_{fc}}$ 向第一转换器 11 输出。接受到使动作停止的命令 $C_{V_{fc}}$ 的第一转换器 11 使电压转换动作停止而将该第一转换器 11 的一次侧和二次侧直接电连接。通过该动作,将燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 作为逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 供给。当判定为必要输出电压 V_{fc_REQ} 不在必要输入电压 $V_{inv_REQ} + \text{第一延缓电压 } \Delta V1$ 以上时(否),向步骤 S23 移动。

[0105] 接下来,在步骤 S23 中,比较单元 206 对求出的燃料电池 10 的必要输出电压 V_{fc_REQ} 是否从逆变器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 进入到第二延缓电压 $\Delta V2$ 以内的范围进行比较。其结果是,当判定为必要输出电压 V_{fc_REQ} 为必要输入电压 $V_{inv_REQ} - \text{第二延缓电压 } \Delta V2$ 以下时(是),向步骤 S24 移动。在步骤 S24 中,转换器动作控制单元 207 将使第一转换器 11 的动作停止的命令 $C_{V_{fc}}$ 向第一转换器 11 输出。将使第一转换器 11 的动作继续的命令 $C_{V_{fc}}$ 向第一转换器 11 输出。接受到该命令,第一转换器 11 继续进行使燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 升压至由第二转换器 12 向逆变器 14 供给的输入端子电压 V_{inv} 的动作。当判定为必要输出电压 V_{fc_REQ} 未进入必要输入电压 $V_{inv_REQ} - \text{第二延缓电压 } \Delta V2$ 以内的范围时(否),结束该电力控制处理。

[0106] 通过以上的处理,该电力处理关联中,燃料电池 10 的必要输出电压 V_{fc_REQ} 比逆变器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 超出第一延缓电压 $\Delta V1$ 后,使逆变器 14 停止。由此,如图 9 所示,在从必要输出电压 V_{fc_REQ} 与必要输入电压 V_{inv_REQ} 相等的时刻 $t10$ 延迟了时间 $\Delta t1$ 的时刻 $t11$,才开始停止第一转换器 11 的动作。另外,一旦,第一转换器 11 的动作停止后,在燃料电池 10 的必要输出电压 V_{fc_REQ} 从逆变器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 进入到第二延缓电

压 ΔV_2 以内的范围时,再次开始逆变器 14 的动作。由此,如图 9 所示,在从必要输出电压 V_{fc_REQ} 与必要输入电压 V_{inv_REQ} 相等的时刻 t_{21} 提前了时间 Δt_2 的时刻 t_{20} ,再次开始第一转换器 11 的动作。

[0107] 以上,根据本实施方式 2,在燃料电池 10 的必要输出电压 V_{fc_REQ} 成为逆变器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 以上后,等待到经过少许时间 Δt_1 为止。由此,在逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} 高于燃料电池 10 的输出端子电压 V_{fc} 后,能够可靠地使第一转换器 11 停止。由此,能够可靠地抑制无用的电力消耗。

[0108] 另外,根据本实施方式 2,在比燃料电池 10 的必要输出电压 V_{fc_REQ} 低于逆变器 14 的必要输入电压 V_{inv_REQ} 提前少许时间 Δt_2 ,使第一逆变器 11 的动作开始。由此,能够响应不延迟地使燃料电池 10 的电力转换开始,从而能够抑制向电动机 15 供给的电力不足的情况。

[0109] (变形例)

[0110] 本发明并未限定为上述实施方式,而在不违反本发明的宗旨的范围内,能够适当变形来适用。

[0111] 例如,在上述实施方式中,在具备第一转换器 11、第二转换器 12 及逆变器 14 的燃料电池系统 100 中适用了本发明,但并未限定为此种结构。对于具备一个或三个以上 DC-DC 转换器的燃料电池系统,也能够适用本发明。

[0112] 另外,对于电动机 15 能够直流驱动、且不需要逆变器 14 的燃料电池系统也能够适用本发明。在此种燃料电池系统中,只要取代逆变器 14 的输入端子电压 V_{inv} ,而将电动机 15 的驱动电压 V_d 作为第二逆变器 12 的控制对象电压即可。

[0113] 另外,负载装置未必是电动机。只要是该输入电压 - 消耗电力特性如图 4 所示那样与燃料电池 P-V 特性交叉的负载装置,就能够适用本发明。

[0114] 另外,在上述实施方式中,作为输出要求而输入了油门(加速踏板)开度 Acc ,但并未限定于此。例如,在载置型的燃料电池系统中,有与油门相当的操作单元不存在的情况。在此种系统中,只要是利用与油门以外的输出要求相关的信息的构成即可。

[0115] 工业实用性

[0116] 本发明的燃料电池系统及其控制方法并不局限于车辆,也可以搭载于其他的移动体来适用。作为此种移动体,能够适用于火车、船舶、航空器、潜水艇等。另外,并未局限于车辆那样的移动体,也能够适用于定置型电源系统、便携型电源系统。

[0117] 标号说明:

[0118] 10...燃料电池、11...第一转换器、12...第二转换器、13...蓄电池、14...逆变器、15...电动机、16...差速器、17...轮胎、18...辅机逆变器、19...高压辅机、20...控制装置、21...油门开度传感器、22...传感器组、23...转速传感器、100...燃料电池系统、201...电动机要求转矩运算单元、202...电动机要求功率运算单元、203...发电要求功率运算单元、204...燃料电池必要输出电压运算单元、205...逆变器必要输入电压运算单元、206...比较单元、207...转换器动作控制单元、 Acc ...油门开度、 N ...电动机转速、 P_{AUX} ...高压辅机功率、 P_{REQ} ...发电要求功率、 P_M ...电动机要求功率、 S_{ACC} ...油门开度信号、 S_N ...转速信号、 S_{V_d} ...驱动电压信号、 T_{REQ} ...电动机要求转矩、 V_{BAT} ...蓄电池输出端子电压、 V_d ...驱动电压(逆变器 14 的输出电压)、 V_d2 ...驱动电压(逆变器 18 的输出电压)、 V_{fc} ...燃料电池 10 的输出端子电压、 V_{inv} ...逆变器 14

的输入端子电压、 V_{fc_REQ} …燃料电池必要输出电压、 V_{inv_REQ} …逆变器必要输入电压、 CV_{fc} …第一转换器 11 用的驱动控制命令、 CV_{inv} …第二转换器 12 用的驱动控制命令、 $\Delta V1$ …第一延缓电压、 $\Delta V2$ …第二延缓电压

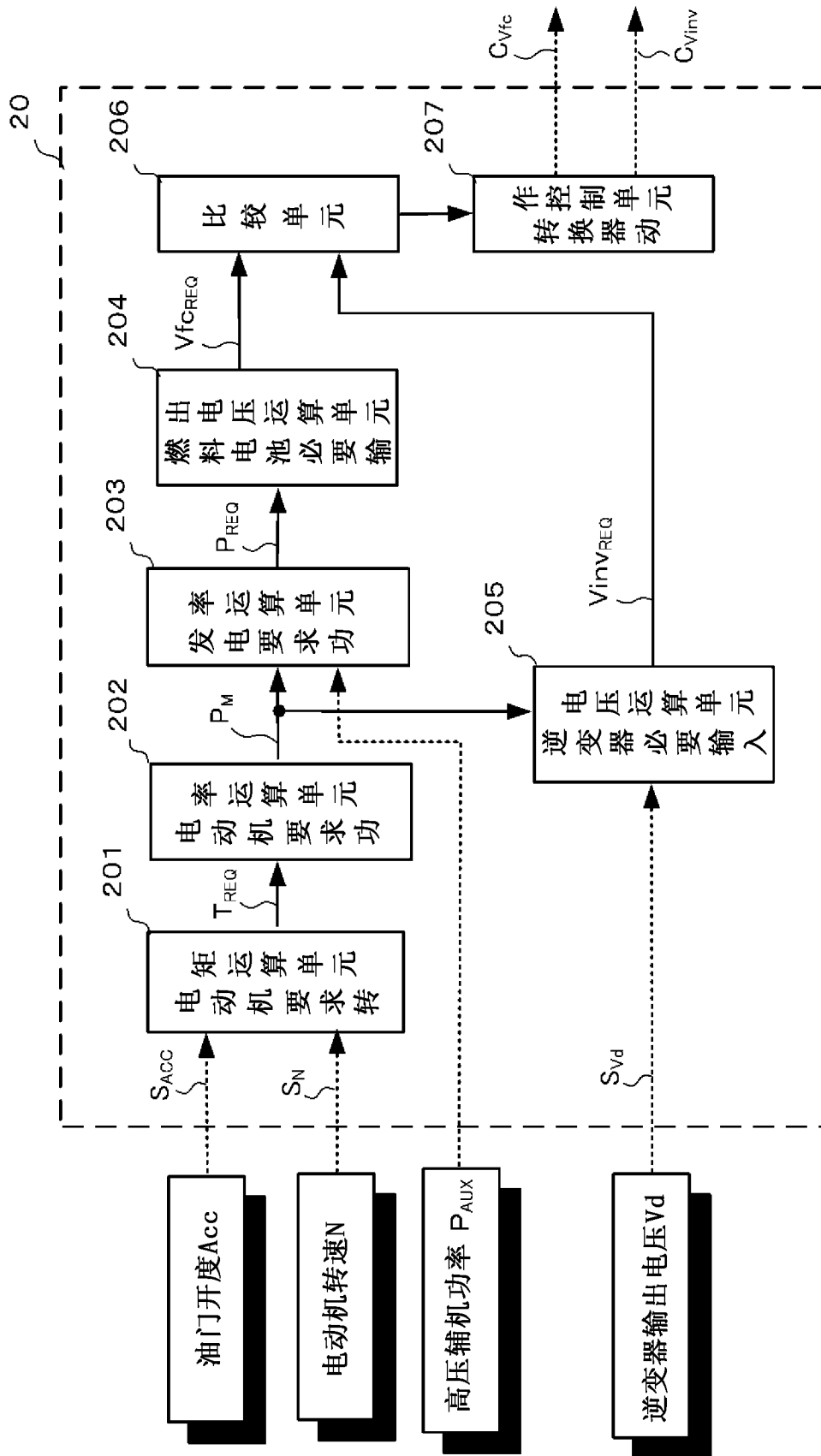


图 2

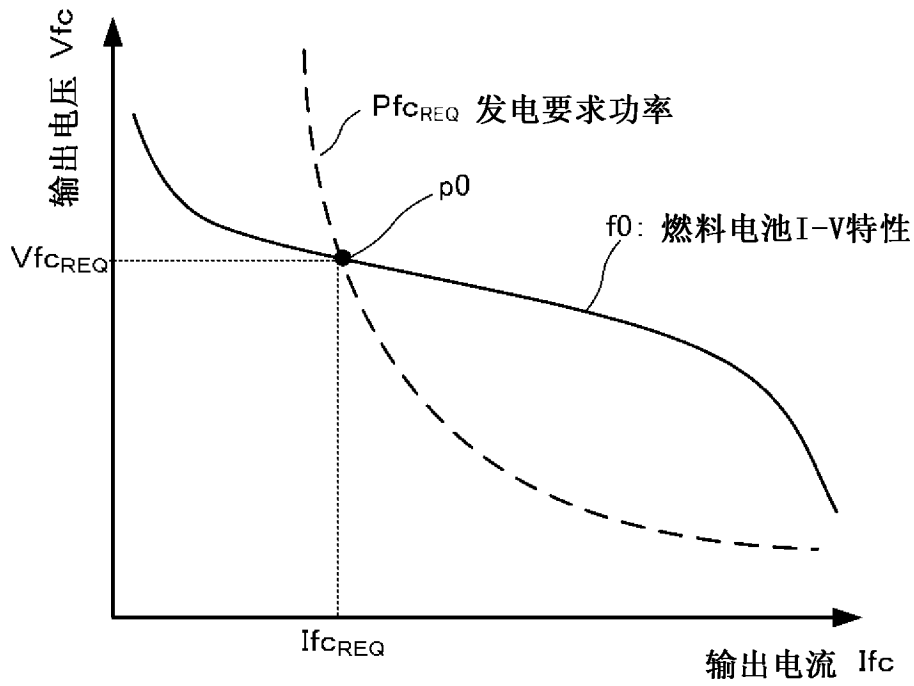


图 3

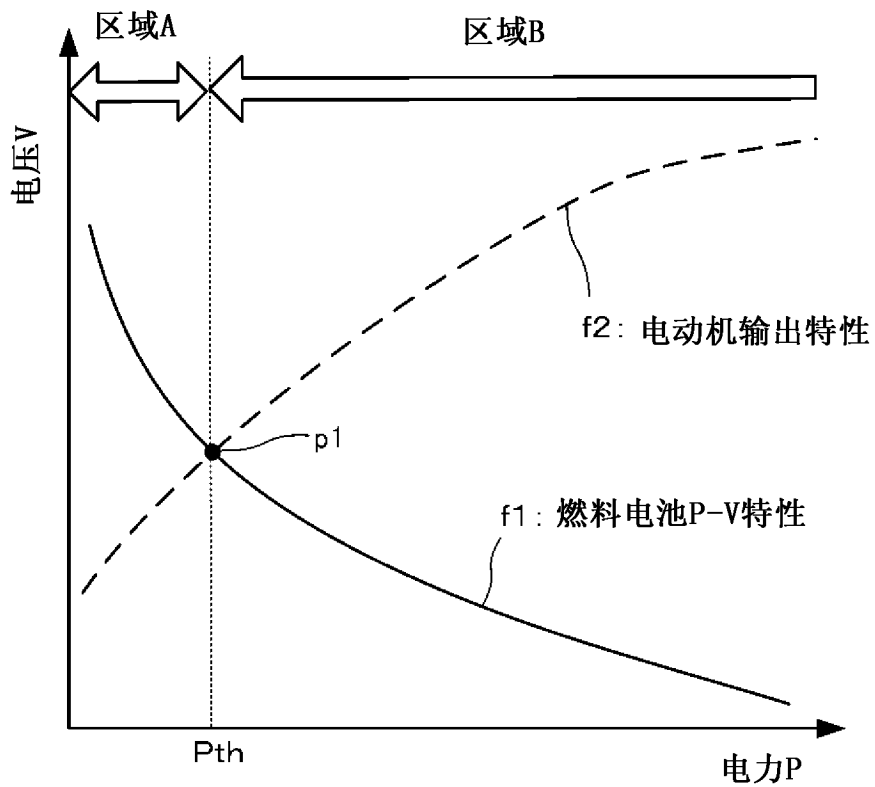


图 4

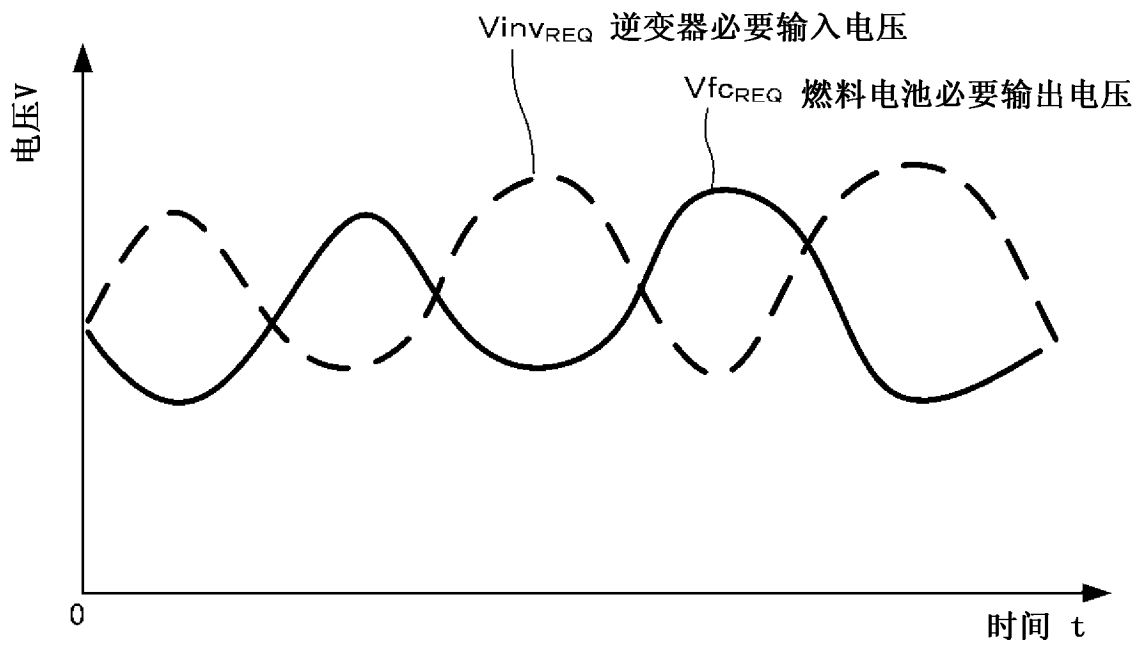


图 5

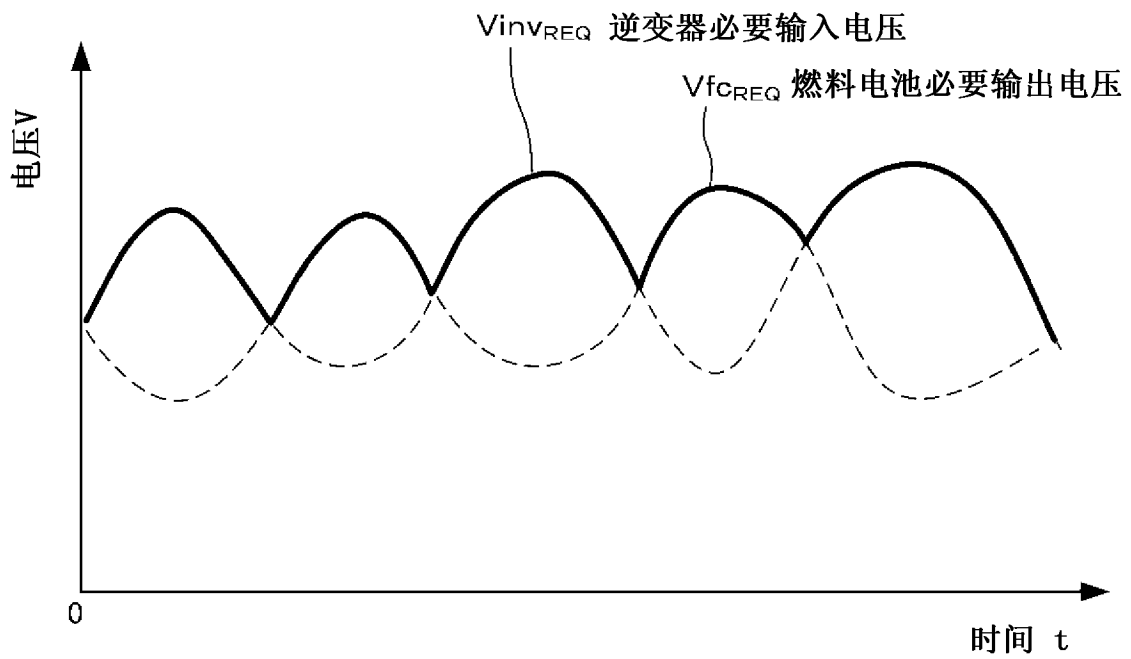


图 6

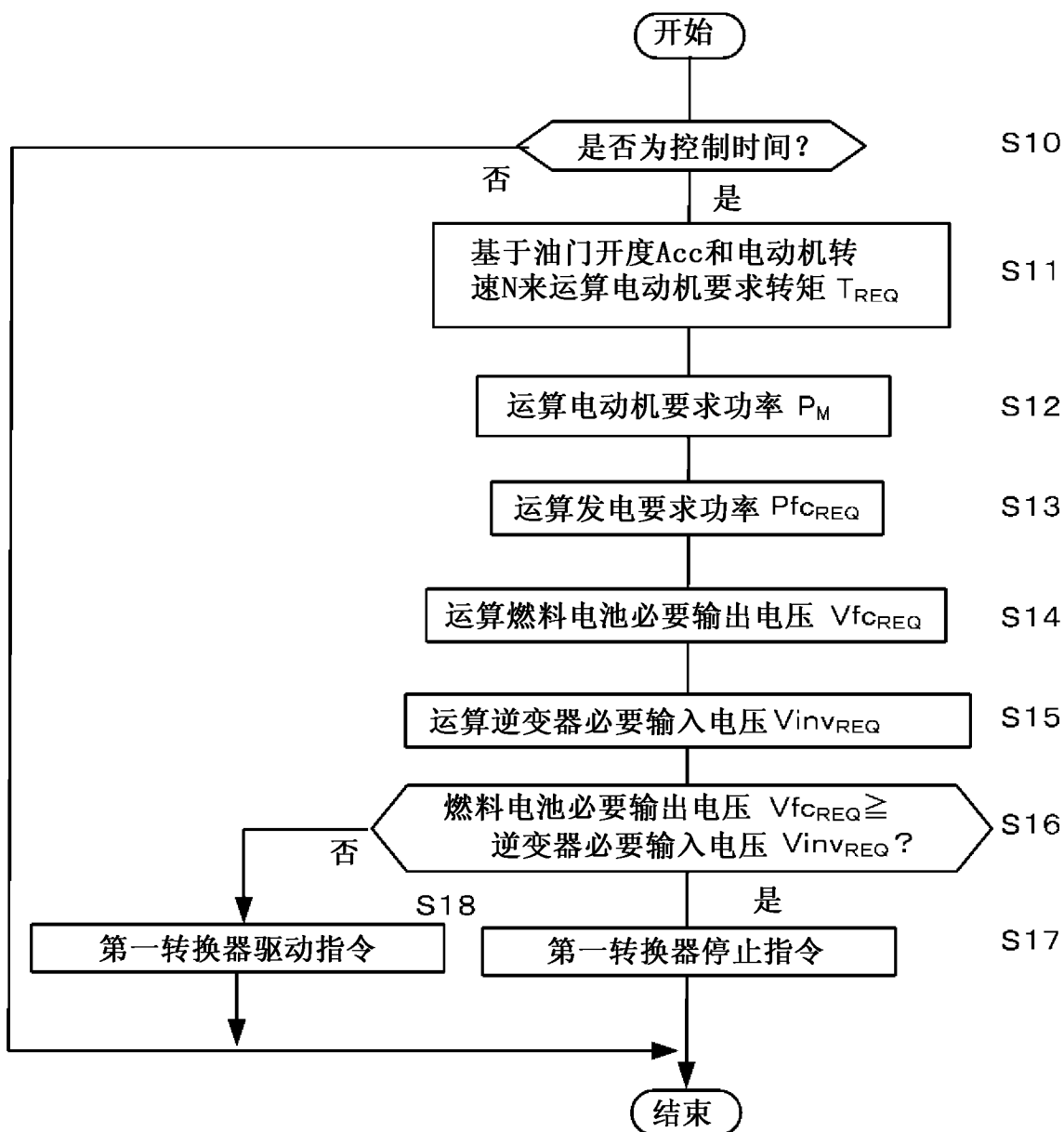


图 7

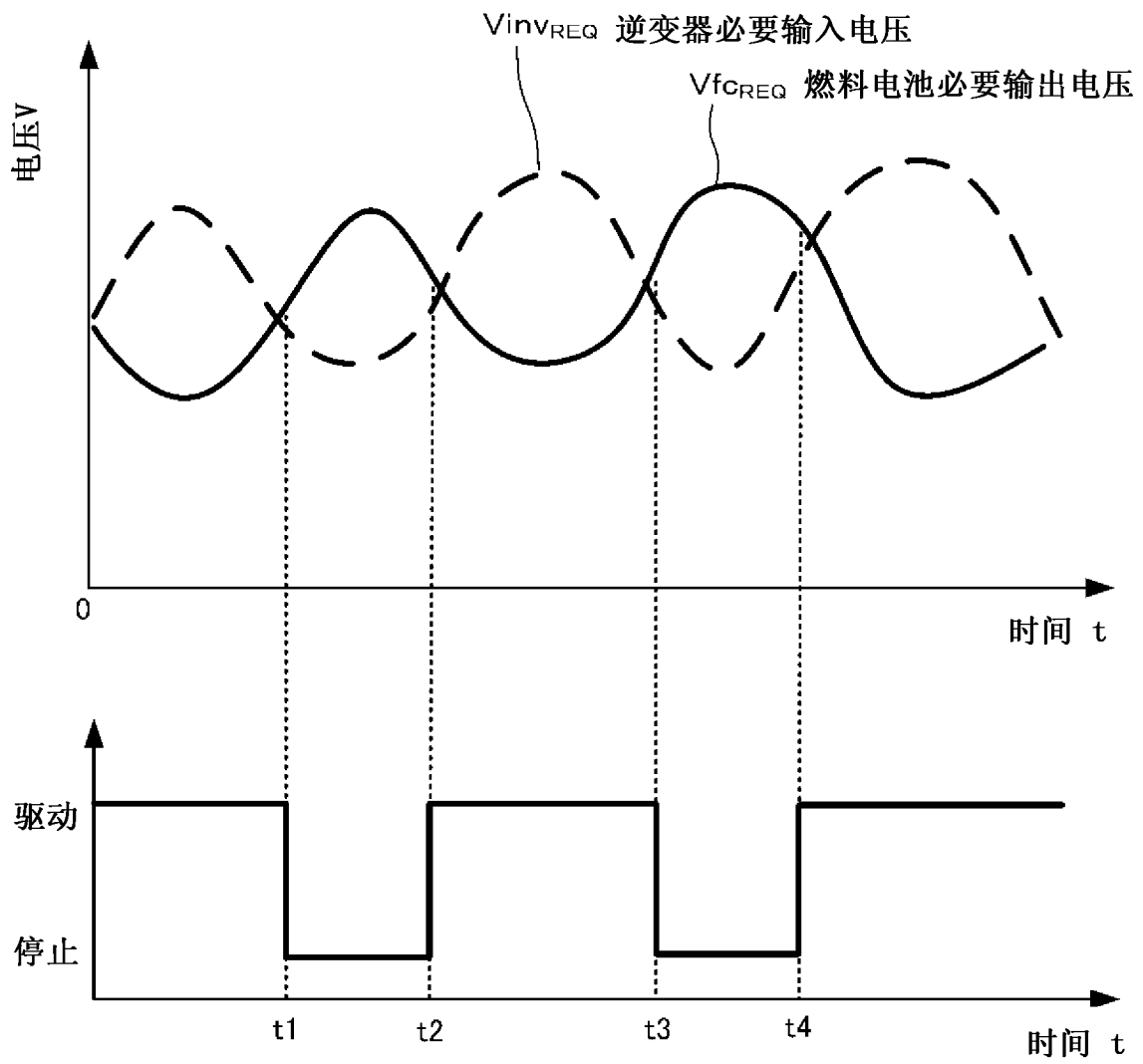


图 8

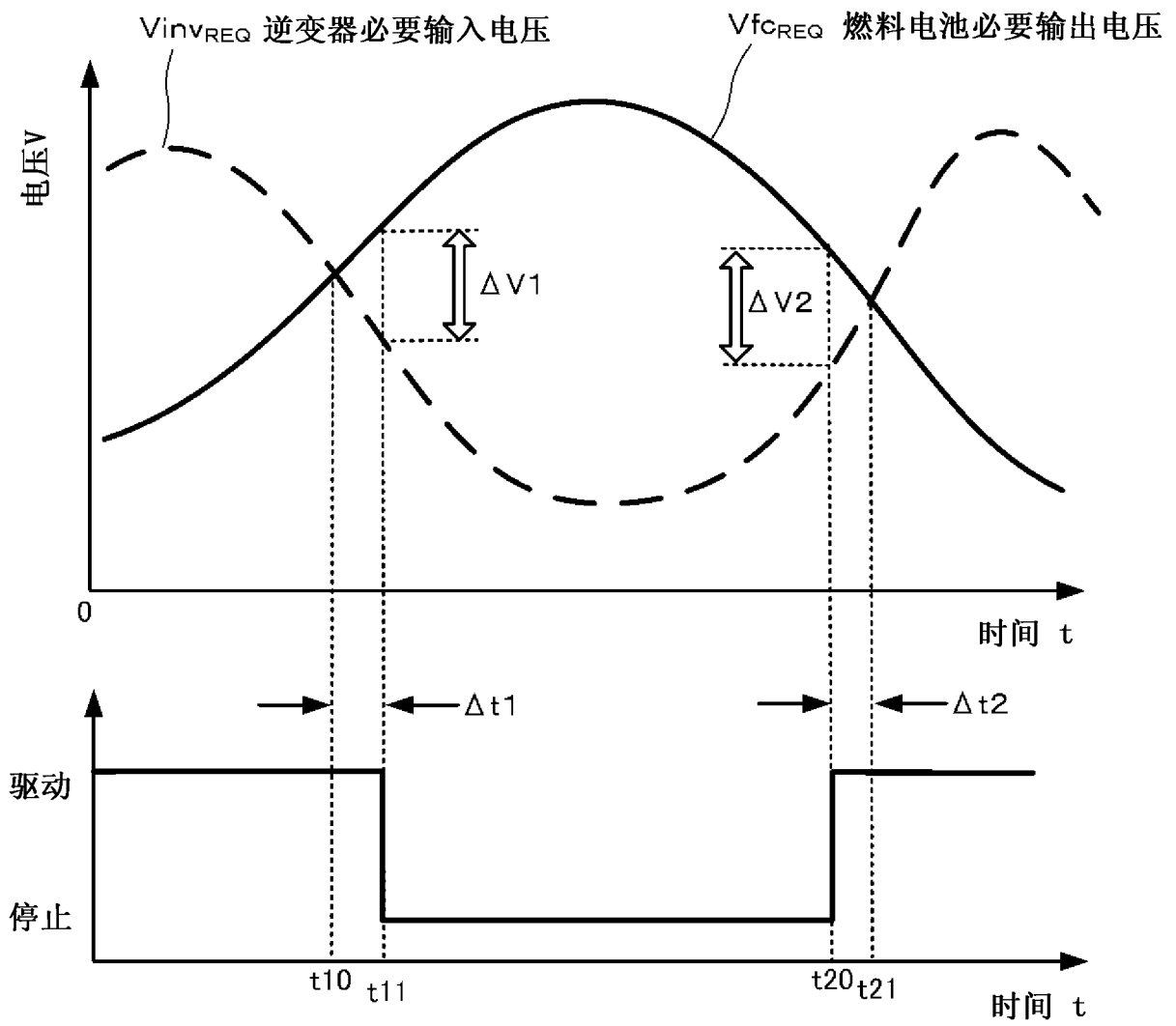


图 9

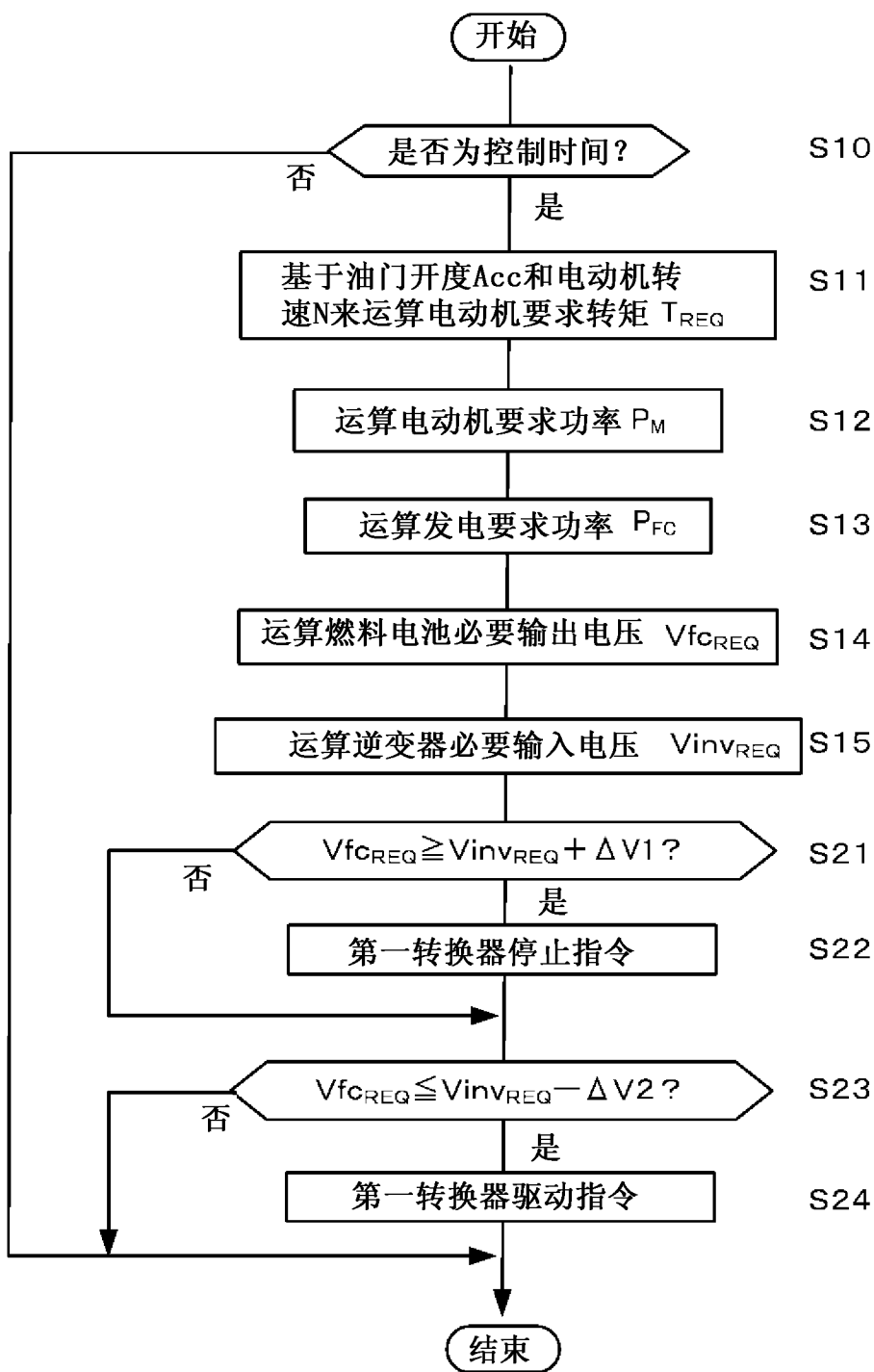


图 10