



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101573822 B

(45) 授权公告日 2012. 01. 18

(21) 申请号 200780048796. 6

(22) 申请日 2007. 12. 05

(30) 优先权数据

351476/2006 2006. 12. 27 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 06. 29

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2007/073894 2007. 12. 05

(87) PCT申请的公布数据

W02008/078554 JA 2008. 07. 03

(73) 专利权人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

(72) 发明人 今村朋范 梶原滋人 麻生真司

(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 陆锦华 关兆辉

(51) Int. Cl.

H01M 8/04 (2006. 01)

H01M 8/10 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开平 7-235324 A, 1995. 09. 05, 说明书第 0027-0050 段、附图 1-7.

JP 特开 2006-107901 A, 2006. 04. 20, 说明书摘要、权利要求 1-2.

US 2006/0115699 A1, 2006. 06. 01, 说明书摘要、说明书第 2-3 页、附图 1-4.

审查员 徐国祥

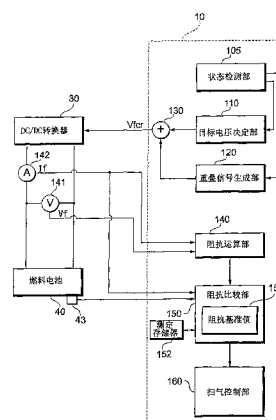
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 7 页

(54) 发明名称

燃料电池系统

(57) 摘要

提供一种能够适当地控制燃料电池的水分量的燃料电池系统。将阻抗基准值存储到阻抗比较部 (150) 的存储器 (151) 中。阻抗基准值是为了防止燃料电池 (40) 的水分量过度降低而设定的基准值。阻抗比较部 (150) 对从阻抗运算部 (140) 提供的测定阻抗和阻抗基准值进行比较, 并根据比较结果进行扫气控制。



1. 一种燃料电池系统,在系统停止时测定燃料电池的阻抗,并根据测定结果进行扫气控制,所述燃料电池系统的特征在于,包括:

测定单元,对所述燃料电池的阻抗和扫气处理开始后的经过时间进行多次测定;

保存单元,保存所测定的所述阻抗和所述经过时间的多个对;

存储单元,存贮阻抗基准值;以及

推测单元,根据所述阻抗基准值、所述多个阻抗和经过时间的多个对,推测扫气结束时间。

2. 根据权利要求1所述的燃料电池系统,其特征在于,

所述测定单元进行两次所述测定,在扫气处理开始附近进行第一次测定,并且在从扫气处理开始经过预定时间后进行第二次测定。

3. 根据权利要求1或2所述的燃料电池系统,其特征在于,还包括:

温度传感器,检测与所述燃料电池相关的温度,和

变更单元,根据所检测的温度改变所述阻抗基准值。

4. 根据权利要求1或2所述的燃料电池系统,其特征在于,还包括:

检测日期的日历机构,和

变更单元,根据所检测的日期改变所述阻抗基准值。

燃料电池系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种进行阻抗测定的燃料电池系统。

背景技术

[0002] 在外部温度较低的情况下存在以下问题：在燃料电池系统停止后其内部产生的水冻结，配管及阀等破损。另外，通常情况下燃料电池的启动性比其他电源差，尤其是存在低温下不能提供所希望的电压 / 电流而不能启动设备的问题。

[0003] 基于这种问题，提出了如下方法：在燃料电池系统停止时进行扫气处理，从而将残留在燃料电池内部的水分排出到外部（例如参照专利文献 1）。

[0004] 专利文献 1：日本特开 2005-141943 号公报

发明内容

[0005] 但是，如果在燃料电池系统停止时每次都进行扫气处理，则由于进行本来不必要的扫气处理，燃料电池过于干燥，反而产生启动性恶化等问题。

[0006] 本发明是鉴于上述情况而研制，其目的在于提供一种能够适当地控制燃料电池的水分量的燃料电池系统。

[0007] 为了解决上述的问题，本发明涉及的一种燃料电池系统，其特征在于，包括：测定单元，测定燃料电池的阻抗；存储单元，存储阻抗基准值；判断单元，根据由所述测定单元测定的测定阻抗和所述阻抗基准值的比较结果，判断是否应该进行扫气处理；以及执行单元，在得到肯定的判断结果时进行扫气处理。

[0008] 根据上述结构，根据测定阻抗和阻抗基准值的比较结果，仅在判断为应该执行扫气处理时执行扫气处理。由此，能够预先防止由于进行不必要的扫气处理所引起的不良结果，即能够防止由于进行不必要的扫气处理而引起电解质膜过于干燥从而导致启动性恶化等问题。

[0009] 其中，在上述结构中，优选的是，在所述测定阻抗低于所述阻抗基准值时，所述判断单元判断为应该进行扫气处理。

[0010] 另外，在上述结构中，优选还包括：保存单元，将低于所述阻抗基准值时的测定阻抗和扫气处理开始后的经过时间建立对应而保存，和计算单元，根据所述测定阻抗、扫气处理开始后的经过时间、所述阻抗基准值，计算所述测定阻抗达到该基准阻抗为止的时间。

[0011] 另外，本发明涉及的一种燃料电池系统，测定燃料电池的阻抗，并根据测定结果进行扫气控制，其中优选的是，包括：测定单元，对所述燃料电池的阻抗和扫气处理开始后的经过时间进行多次测定；保存单元，保存所测定的所述阻抗和所述经过时间的多个对；存储单元，存储阻抗基准值；以及推测单元，根据所述阻抗基准值、所述阻抗和经过时间的多个对，推测扫气结束时间。

[0012] 其中，在上述结构中，优选的是，所述测定单元进行两次所述测定，在扫气处理开始附近进行第一次测定，并且在从扫气处理开始经过预定时间后进行第二次测定。

[0013] 另外,在上述结构中,优选还包括:温度传感器,检测与所述燃料电池相关的温度,和变更单元,根据所检测的温度改变所述阻抗基准值。

[0014] 并且,在上述结构中,优选还包括:检测日期的日历机构,和变更单元,根据所检测的日期改变所述阻抗基准值。

[0015] 如上所述,根据本发明能够适当地控制燃料电池的水分量。

附图说明

[0016] 图 1 是表示第一实施方式的燃料电池系统的结构的图。

[0017] 图 2 是用于说明第一实施方式的控制单元的功能的图。

[0018] 图 3 是表示第一实施方式的扫气控制处理的流程图。

[0019] 图 4 是例示了第一实施方式的扫气时间和测定阻抗的关系的图。

[0020] 图 5 是用于说明第二实施方式的控制单元的功能的图。

[0021] 图 6 是用于说明第三实施方式的控制单元的功能的图。

[0022] 图 7 是例示了第三实施方式的扫气时间和测定阻抗的关系的图。

具体实施方式

[0023] 下面参照附图说明本发明的实施方式。

[0024] A. 第一实施方式

[0025] < 整体结构 >

[0026] 图 1 是搭载有第一实施方式的燃料电池系统 100 的车辆的大致结构。另外,在以下说明中,作为车辆的例子,假设燃料电池汽车(FCHV;Fuel Cell Hybrid vehicle),也可以适用于电动汽车及混合动力汽车。另外,不仅是适用于汽车,也可以适用于各种移动体(例如,船舶、飞机、机器人等)。

[0027] 该车辆将连接于车轮 63L、63R 的同步电动机 61 用作驱动力源而行使。同步电动机 61 的电源是电源系统 1。通过逆变器 60 将从电源系统 1 输出的直流转换成三相交流,提供给同步电动机 61。在制动时同步电动机 61 还可以作为发电机而发挥功能。

[0028] 电源系统 1 由燃料电池 40、蓄电池 20、DC/DC 转换器 30 等构成。燃料电池 40 是从所提供的燃料气体和氧化气体产生电力的单元,具有串联层叠了具有 MEA 等的多个单电池的堆结构。具体地说,可以利用固体高分子型、磷酸型、熔融碳酸盐型等各种类型的燃料电池。

[0029] 蓄电池 20 是可充放电的二次电池,例如由镍-氢蓄电池等构成。也可以适用其他各种类型的二次电池。另外,代替蓄电池 20,也可以使用除了二次电池之外的可充放电的蓄电器,例如电容器。该蓄电池 20 插入到燃料电池 40 的放电路径中,与燃料电池 40 并联连接。

[0030] 燃料电池 40 和蓄电池 20 并联连接到逆变器 60,从燃料电池 40 到逆变器 60 的电路上设有用于防止来自蓄电池 20 的电流或同步电动机 61 所发电产生的电流回流的二极管 42。

[0031] 因此,为了实现并联连接的燃料电池 40 和蓄电池 20 这两个电源的适当的输出分配,需要控制两个电源的相对电压差。为了控制这种电压差,在蓄电池 20 和逆变器 60 之间

设有 DC/DC 转换器 30。DC/DC 转换器 30 是直流的电压转换器,具有调整从蓄电池 20 输入的 DC 电压并向燃料电池 40 一侧输出的功能以及调整从燃料电池 40 或电动机 61 输入的 DC 电压并向蓄电池 20 一侧输出的功能。

[0032] 在蓄电池 20 和 DC/DC 转换器 30 之间连接有车辆辅助设备 50 和 FC 辅助设备 51,蓄电池 20 为这些辅助设备的电源。车辆辅助设备 50 是指在车辆的运转时等情况下使用的各种电力设备,包括照明设备、空调设备、油压泵等。另外,FC 辅助设备 51 是指在燃料电池 40 运转时使用的各种电力设备,包括用于提供燃料气体及改质原料的泵、用于调整改质器的温度的加热器等。

[0033] 由控制单元 10 来控制上述各要素的运转。控制单元 10 构成为内部具有 CPU、RAM、ROM 的微型计算机。控制单元 10 控制逆变器 60 的开关,向同步电动机 61 输出与要求动力对应的三相交流。另外,控制单元 10 控制燃料电池 40 和 DC/DC 转换器 30 的运转,以提供与要求动力对应的电力。各种传感器信号输入到该控制单元 10。例如,从油门踏板传感器 11、检测蓄电池 20 的充电状态 SOC(State Of Charge) 的 SOC 传感器 21、检测燃料电池 40 的气体流量的流量传感器 41、检测燃料电池 40 的内部温度 (FC 温度) 的温度传感器 43、检测车速的车速传感器 62 等向控制单元 10 输入各种传感器信号。控制单元 10 利用各传感器信号进行如下所示的燃料电池 40 的阻抗测定,并根据测定结果进行扫气控制。

[0034] < 扫气控制功能的说明 >

[0035] 图 2 是用于说明控制单元 10 的扫气控制功能的图。

[0036] 如图 2 所示,控制单元 10 包括状态检测部 105、目标电压决定部 110、重叠信号生成部 120、电压指令信号生成部 130、阻抗运算部 140、阻抗比较部 150、气体供给控制部 160。

[0037] 状态检测部 105 根据由电压传感器 141 检测的燃料电池 40 的电压 (FC 电压) V_f 、由电流传感器 142 检测的燃料电池 40 的电流 (FC 电流) I_f 等,检测燃料电池 40 是处于发电状态还是处于非发电状态。状态检测部 105 向目标电压决定部 110、重叠信号生成部 120 输出检测结果。

[0038] 目标电压决定部 110 根据从油门踏板传感器 11、SOC 传感器 21 等输入的各传感器信号决定输出目标电压 (例如 300V 等),并输出给电压指令信号生成部 130。

[0039] 重叠信号生成部 120 生成应与输出目标电压重叠的阻抗测定用信号 (例如振幅值为 2V 的低频区域的正弦波等),并输出给电压指令信号生成部 130。另外,至于输出目标电压及阻抗测定用信号的各参数 (波形的种类、频率、振幅值),可以根据系统设计等而适当设定。

[0040] 电压指令信号生成部 130 将阻抗测定用信号重叠到输出目标电压,并作为电压指令信号 V_{fcr} 向 DC/DC 转换器 30 输出。DC/DC 转换器 30 根据所提供的电压指令信号 V_{fcr} 进行燃料电池 30 等的电压控制。

[0041] 阻抗运算部 (测定单元) 140 按照预定的采样率采样由电压传感器 141 检测的燃料电池 40 的电压 (FC 电压) V_f 和由电流传感器 142 检测的燃料电池 40 的电流 (FC 电流) I_f ,并施加傅里叶变换处理 (FET 运算处理或 DFT 运算处理) 等。阻抗运算部 140 进行傅里叶变换处理后的 FC 电压信号除以傅里叶变换处理后的 FC 电流信号的处理等而求得燃料电池 40 的阻抗,并输出给阻抗比较部 150。

[0042] 阻抗比较部 (判断单元) 150 在从阻抗运算部 140 接收到燃料电池 40 的阻抗 (以

下称测定阻抗)时,参照存储在存储器(存储单元)151中的阻抗基准值(扫气结束目标阻抗)。阻抗基准值是为了防止燃料电池40的水分量过度降低(即防止电解质膜过于干燥)而设定的基准值,预先通过实验等求得。至于该阻抗基准值,可以与FC温度T无关地始终恒定,也可以按每个FC温度T分别设定。

[0043] 阻抗比较部150在从阻抗运算部140接收到测定阻抗时,根据由温度传感器43检测的FC温度T,决定该温度下的阻抗基准值。阻抗比较部150对所决定的阻抗基准值和测定阻抗进行比较,判断测定阻抗是否低于阻抗基准值。在测定阻抗低于阻抗基准值时,阻抗比较部150将该测定阻抗等存储到测定存储器(保存单元)152,并且向扫气控制部160通知应该继续执行扫气处理的消息(或应该开始执行扫气处理的消息)。而在测定阻抗超过阻抗基准值时,在测定存储器152中不存储该测定阻抗等,向扫气控制部160通知应该结束扫气处理的消息(或从起初不执行扫气处理的消息)。

[0044] 扫气控制部(执行单元)160根据来自阻抗比较部150的通知内容执行扫气控制。详细地说,扫气控制部160在从阻抗比较部150接收到低于测定阻抗基准值的消息的通知时,执行扫气处理,而在接收到超过测定阻抗基准值的消息的通知时,中止扫气处理。通过调整提供给燃料电池40的氧化气体的供给量、旁通阀(未图示)的阀开度等而实现该扫气处理。以下说明本实施方式的扫气控制处理。

[0045] <动作说明>

[0046] 图3是表示通过控制单元10间歇地执行的扫气控制处理的流程图。

[0047] 状态检测部105根据FC电压 V_f 、FC电流 I_f 等检测燃料电池40是处于发电状态还是处于非发电状态(步骤S100)。状态检测部105在检测到燃料电池40处于发电状态时,不执行以下步骤而结束扫气控制处理。而状态检测部105在根据点火开关断开等而检测到处于非发电状态时,向目标电压决定部110、重叠信号生成部120通知应该开始进行阻抗测定的消息。

[0048] 目标电压决定部110在从状态检测部105接收到应该开始进行阻抗测定的消息的通知时,根据从油门踏板传感器11、SOC传感器21等输入的传感器信号决定输出目标电压,并输出给电压指令信号生成部130。而重叠信号生成部120在从状态检测部105接收到应该开始进行阻抗测定的消息的通知时,生成应与输出目标电压重叠的阻抗测定用信号,并输出给电压指令信号生成部130。电压指令信号生成部130将阻抗测定用信号重叠到输出目标电压,作为电压指令信号 V_{fcr} 向DC/DC转换器30输出。DC/DC转换器30根据所提供的电压指令信号 V_{fcr} 进行燃料电池40等的电压控制。

[0049] 阻抗运算部140根据由电压传感器141检测的FC电压 V_f 和由电流传感器142检测的FC电流 I_f 测定非发电状态下的阻抗,并作为测定阻抗提供给阻抗比较部150(步骤S110)。

[0050] 阻抗比较部150在从阻抗运算部140接收到测定阻抗时,从存储在存储器151中的多个阻抗基准值中取得与FC温度T对应的阻抗基准值(步骤S120)。并且,阻抗比较部150对从阻抗运算部140接收的测定阻抗和与FC温度T对应的阻抗基准值进行比较(步骤S130)。

[0051] 阻抗比较部150在判断为测定阻抗超过了阻抗基准值时,向扫气控制部160通知应该结束扫气处理的消息(或从起初不执行扫气处理的消息)。而阻抗比较部150在判断为

测定阻抗低于阻抗基准值时,将该测定阻抗和从扫气处理开始后的经过时间(扫气时间)注册在测定存储器 152 中之后(步骤 S140),向扫气控制部 160 通知应该继续执行扫气处理的消息(或应该开始执行扫气处理的消息)。

[0052] 图 4 是例示了扫气时间和测定阻抗的关系的图。

[0053] 如图 4 所示,扫气时间越长电解质膜越干燥,测定阻抗变高。在测定阻抗低于阻抗基准值 ins 的期间,阻抗比较部 150 将该测定阻抗和扫气时间的对 $((in, t) = (in_0, t_0), (in_1, t_1), \dots (in_4, t_4))$ 等)注册在测定存储器 152 中。另外,图 4 所示的 (in_0, t_0) 表示扫气处理即将开始之前的测定阻抗和扫气时间。

[0054] 之后,在测定阻抗高于阻抗基准值 ins 时,不将测定阻抗和扫气时间的对 $((in, t) = (in_5, t_5), (in_6, t_6))$ 等)注册在测定存储器 152 中而结束扫气控制处理。其中,关于测定阻抗,也存在从扫气开始之前已超过阻抗基准值 ins 的情况(图 4 所示的 (in_0', t_0') 等)。在这种情况下,不执行扫气处理而结束处理。由此,能够预先防止由于进行不必要的扫气处理所引起的不良结果,即能够防止由于进行不必要的扫气处理而引起电解质膜过于干燥从而导致启动性恶化等问题。

[0055] 扫气控制部 160 在从阻抗比较部 150 接收到应该结束扫气处理的消息(或从起初不执行扫气处理的消息)时,结束上述说明的扫气控制处理。而在从阻抗比较部 150 接收到应该继续执行扫气处理的消息(或应该开始执行扫气处理的消息)时,通过调整提供给燃料电池 40 的氧化气体的供给量、旁通阀的阀开度等而执行扫气处理之后(步骤 S150),返回到步骤 S100。另外,关于返回到步骤 S100 后的动作,与上述的说明相同,因此省略更多的说明。

[0056] 如上所述,根据本实施方式,仅在测定阻抗低于阻抗基准值时执行扫气处理。由此,可以预先防止由于进行不必要的扫气处理所引起的不良结果,即能够防止由于进行不必要的扫气处理而引起电解质膜过于干燥从而导致启动性恶化等问题。

[0057] 其中,上述的第一实施方式中,对于每单位时间的扫气量,并没有特别进行说明,但其可以恒定,也可以变化。例如,在每单位时间的扫气量保持恒定时,在执行扫气处理的期间,可以使氧化气体的供给量、旁通阀的阀开度等保持恒定。而在改变每单位时间的扫气量时,可以求得测定阻抗和阻抗基准值的差分,并根据求得的差分决定氧化气体的供给量、旁通阀的阀开度等。例如,在求得的差分比所设定的阈值大时,通过将氧化气体的供给量等设定得较大,控制为阻抗更快地变高。由此,通过改变每单位时间的扫气量,能够更迅速地结束扫气处理。

[0058] 另外,上述的第一实施方式中,作为执行扫气处理时提供给燃料电池的气体例示了氧化气体,但也可以适用燃料气体(氢等)或氮气等可进行阻抗测定的所有气体。

[0059] B. 第二实施方式

[0060] 在上述的第一实施方式中,间歇地进行燃料电池的阻抗测定,并且扫气处理执行到测定阻抗高于阻抗基准值为止,但是也可以推测测定阻抗达到阻抗基准值的时间,并根据推测的时间(以下称为达到推测时间)控制扫气处理。

[0061] 图 5 是用于说明第二实施方式的控制单元 10' 的扫气控制功能的图,是与图 2 对应的图。另外,与图 2 对应的部分使用同一标号,省略详细说明。

[0062] 达到推测时间计算部(计算单元)170 根据注册在测定存储器 152 中的测定阻抗

和扫气时间的对（例如，图 4 所示的 $(in, t) = (in_0, t_0), (in_1, t_1), \dots (in_4, t_4)$ 等）计算达到推测时间。例如，在图 4 所示的 $(in_0, t_0), (in_1, t_1)$ 注册在测定存储器 152 中时，根据 $(in_0, t_0), (in_1, t_1)$ 和阻抗基准值 ins 进行二次插值处理，从而计算达到阻抗基准值 ins 的时间（即达到推测时间） t_s 。由此，能够减少阻抗的测定次数，并且实现适当的扫气控制。另外，可以适当地设定阻抗的测定次数 $n (n \geq 2)$ 。

[0063] C. 第三实施方式

[0064] 在上述的第二实施方式中，没有特别限定阻抗的测定次数而计算达到推测时间 t_s ，但当输入了该系统的停止指令时，对燃料电池 40 的燃料气体供给停止，从而测定阻抗所需要的燃料气体的使用受到限制。因此，在第三实施方式中，能够在有限的阻抗测定次数（两次以下）下高精度地求得达到推测时间 t_s ，以将燃料电池 40 的含水量控制为目标含水量。

[0065] 图 6 是用于说明第三实施方式的控制单元 10”的扫气控制功能的图，是与图 5 对应的图。另外，图 7 是例示了扫气时间和测定阻抗的关系的图，是与图 4 对应的图。另外，在图 6 所示的结构中，与图 5 对应的部分标以同一标号，省略详细说明。

[0066] 在输入了该系统的停止指令时，阻抗运算部（测定单元）140 进行第一次阻抗测定，将扫气处理即将开始之前的阻抗（第一测定阻抗）和扫气时间的对（图 7 所示的 $(in, t) = (in_0, t_0)$ ）存储到测定存储器（保存单元）152 中。而扫气控制部 160 将该系统的停止指令的输入作为触发而开始执行扫气处理。之后，阻抗运算部 140 用定时器 141 等判断从扫气处理开始是否经过了预定时间（例如 30 秒）。阻抗运算部 140 在判断为经过了预定时间时，进行第二次阻抗测定，将扫气处理过程中的阻抗（第二测定阻抗）和扫气时间的对（图 7 所示的 $(in, t) = (in_1, t_1)$ ）存储到测定存储器 152 中。

[0067] 其中，从提高扫气结束时间的推测精度的观点触发，优选尽可能以燃料电池 40 的含水量下降的时序进行第二次阻抗测定。基于上述观点，也可以检测燃料电池 40 的温度变化速度，并在所检测的温度变化速度高于所设定的阈值时进行第二次阻抗测定。另外，对于阈值，可以考虑燃料电池 40 的残留水的气化进展而设定。

[0068] 达到推测时间计算部（推测单元）170 是根据注册在测定存储器 152 中的测定阻抗和扫气时间的对来计算达到推测时间（扫气结束时间）的单元，在存储器（存储单元）151 中存储有阻抗基准值（扫气结束目标阻抗） ins 。达到推测时间计算部 170 通过将第一测定阻抗 in_0 、第二测定阻抗 in_1 、阻抗基准值 ins 、第一测定阻抗的扫气时间 t_1 代入下述公式 (1)，从而计算达到推测时间 t_s ，并向扫气控制部 160 输出计算结果。

$$[0069] \quad t_s = \sqrt{\frac{ins - in_0}{in_1 - in_0}} t_1 \quad \dots (1)$$

[0070] 扫气控制部 160 根据从达到推测时间计算部 170 输出的达到推测时间进行扫气处理。由此，能够减少阻抗的测定次数，并且实现适当的扫气控制。

[0071] 其中，在上述的实施方式中，在输入了该系统的停止指令后，在扫气处理即将开始之前（扫气处理开始附近）进行第一次阻抗测定，但也可以在扫气处理刚开始之后（扫气处理开始附近）进行第一次阻抗测定。另外，作为第一次测定阻抗，也可以使用在即将输入该系统停止指令之前测定的阻抗。

[0072] 在上述的实施方式中，关于设定在存储器 151 中的阻抗基准值，没有特别进行说

明,但可以由例如达到推测时间计算部(变更单元)170根据由温度传感器43检测的FC温度T、由内置于该系统中的日历机构(未图示)确定的日期信息而适当改变。

[0073] 另外,也可以根据以下所示的研究结果而适当地改变阻抗基准值。实际上如果在经过达到推测时间后进行阻抗测定,则由于部件随着时间的经过而恶化等原因,所测定的阻抗会偏离阻抗基准值的目标范围(例如 $ins \pm \alpha$)。因此,也可以将在该系统启动时测定的阻抗存储到存储器等中,对过去测定的启动时阻抗和这次测定的启动时阻抗进行比较,并根据比较结果改变阻抗基准值。具体地说,如果过去测定的启动时阻抗和这次测定的启动时阻抗的差分在预定范围内,则不改变阻抗基准值,如果该差分超出了预定范围,则改变阻抗基准值。当然,比较对象不限于启动时阻抗,可以使用启动时的I-V特性等任意的参数。

[0074] 另外,在上述的实施方式中,假定了所测定的阻抗随时间的变化为二次函数($y = at^2 + in0$),但也可以使用指数函数等任意的函数。

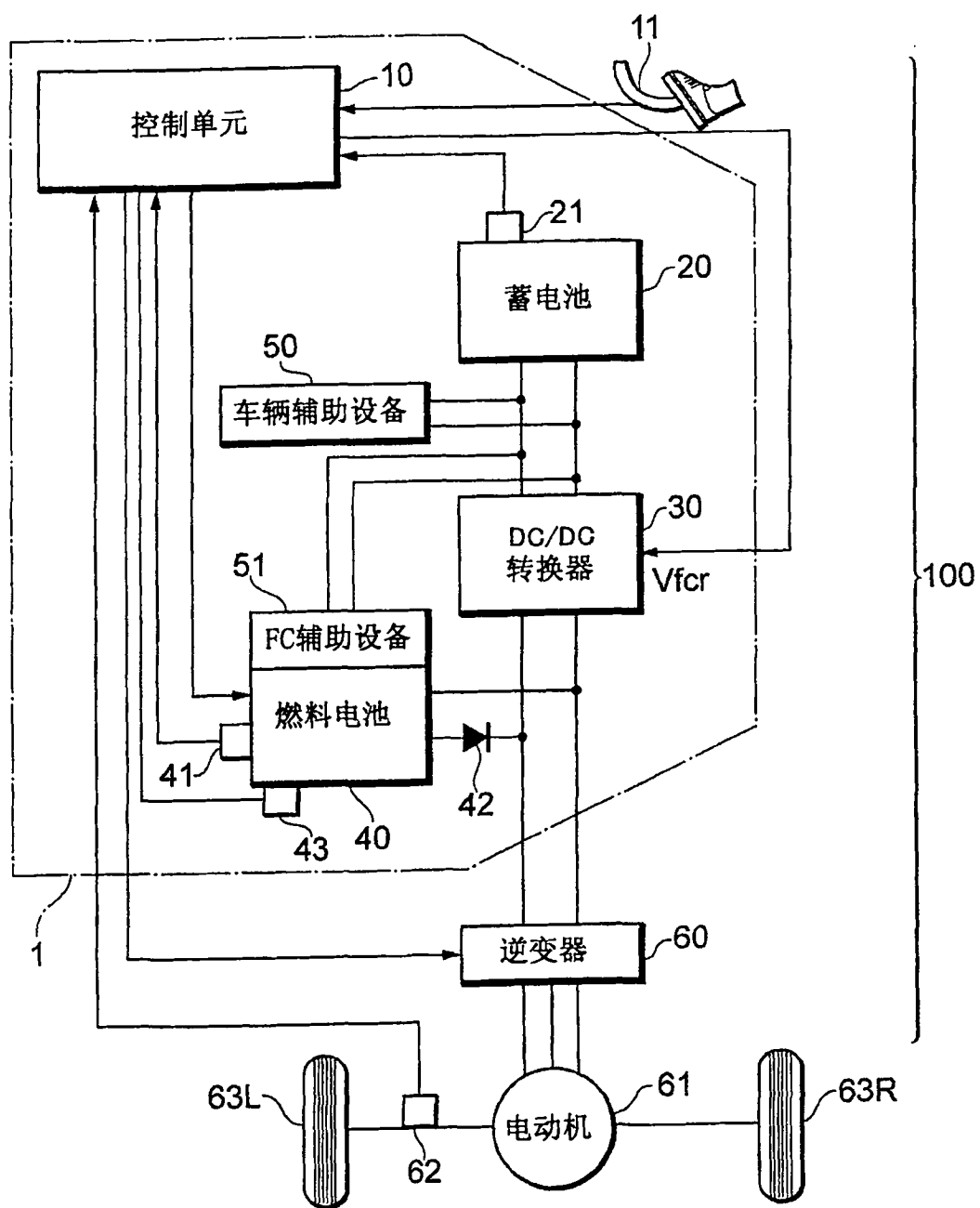


图 1

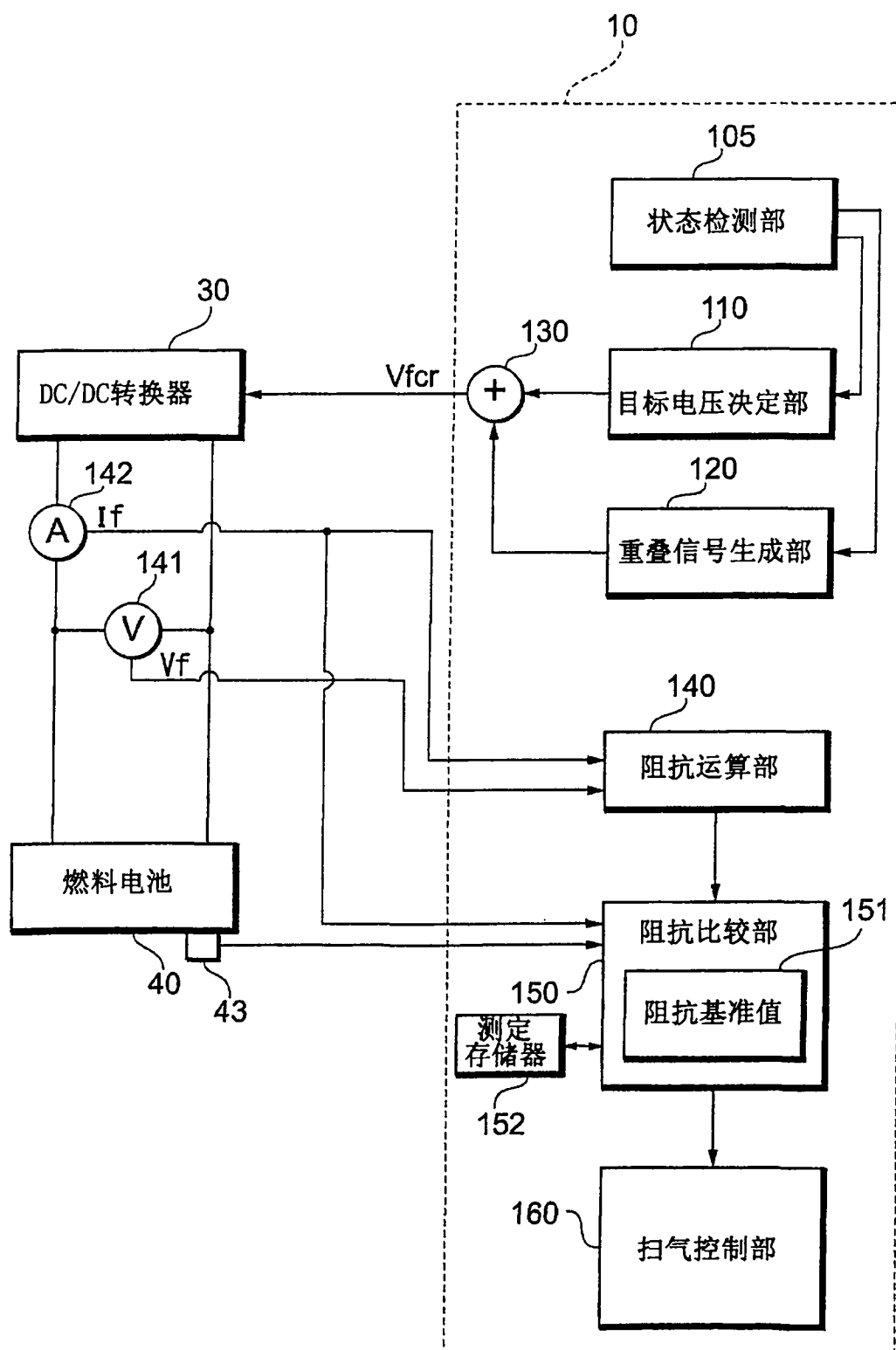


图 2

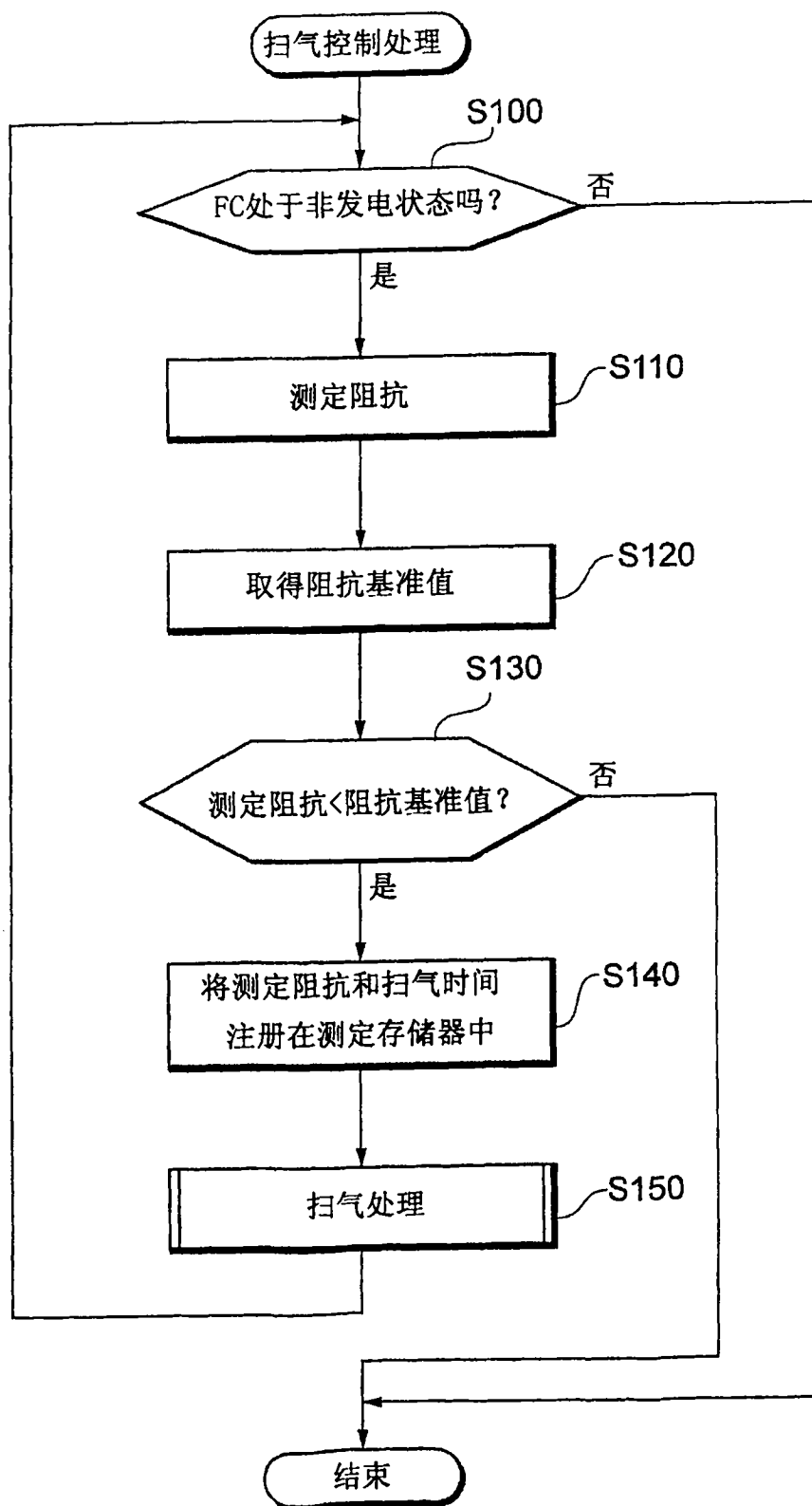


图 3

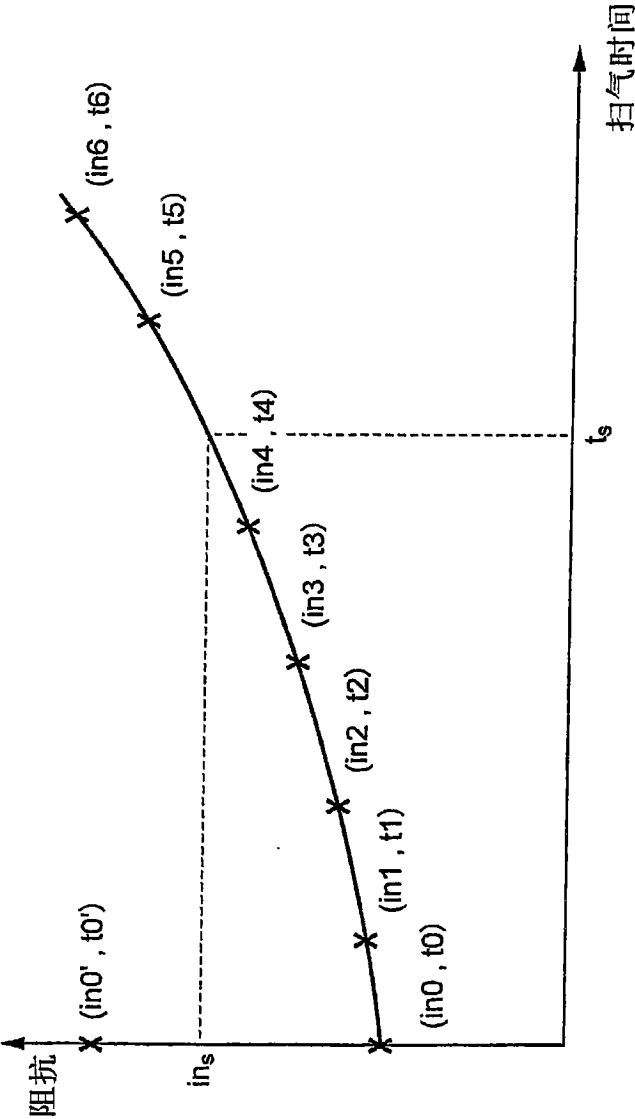


图 4

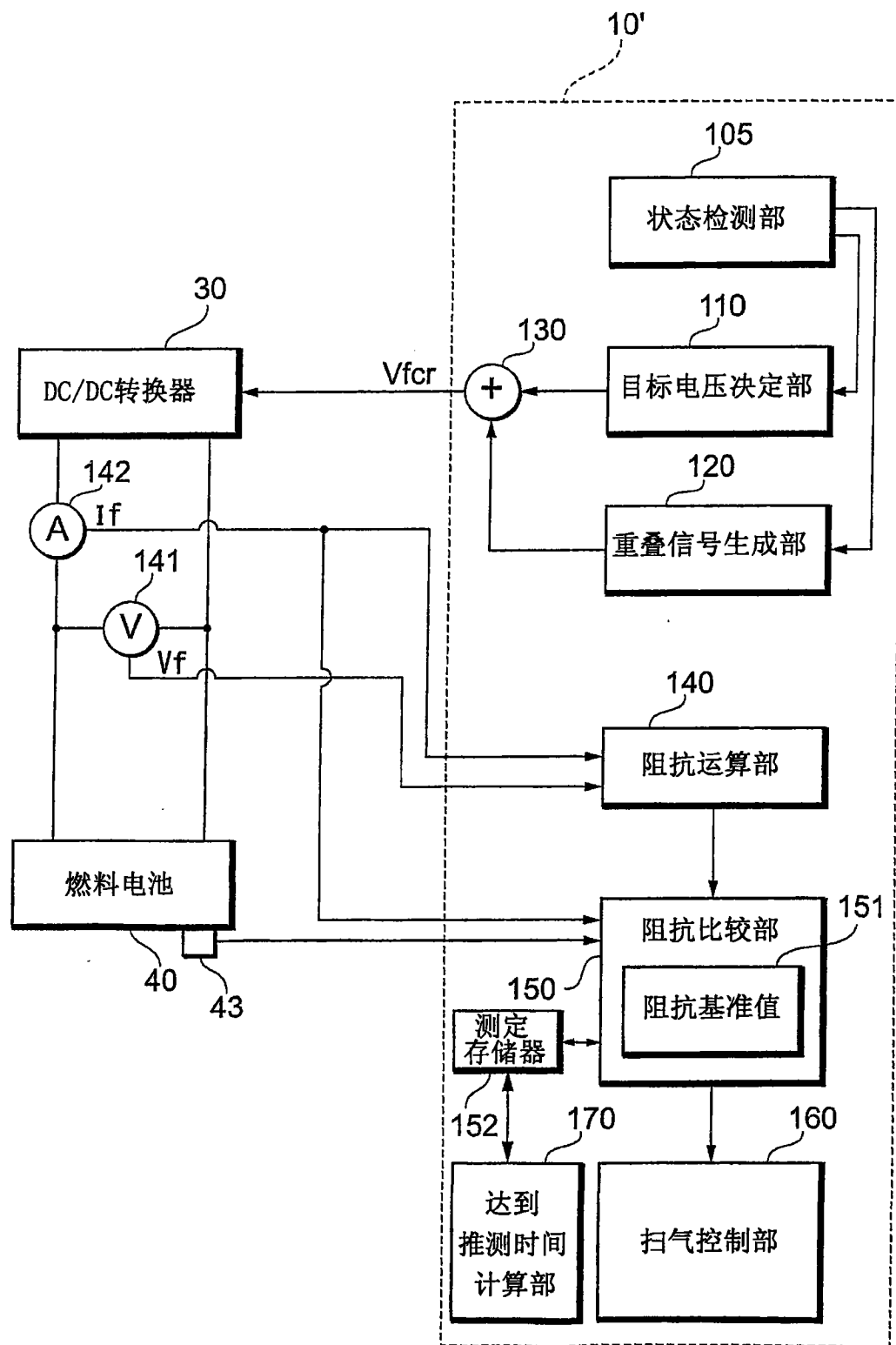


图 5

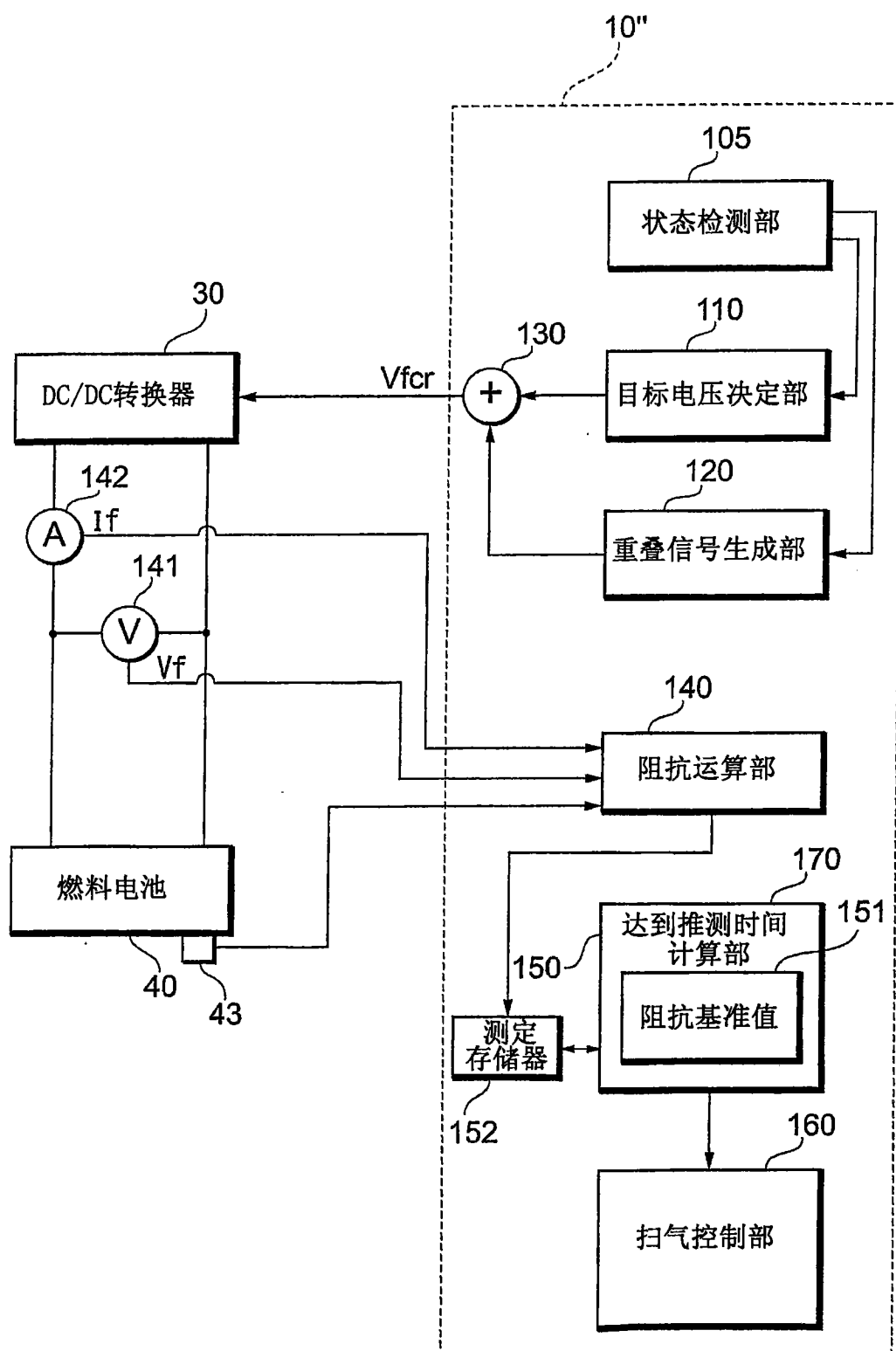


图 6

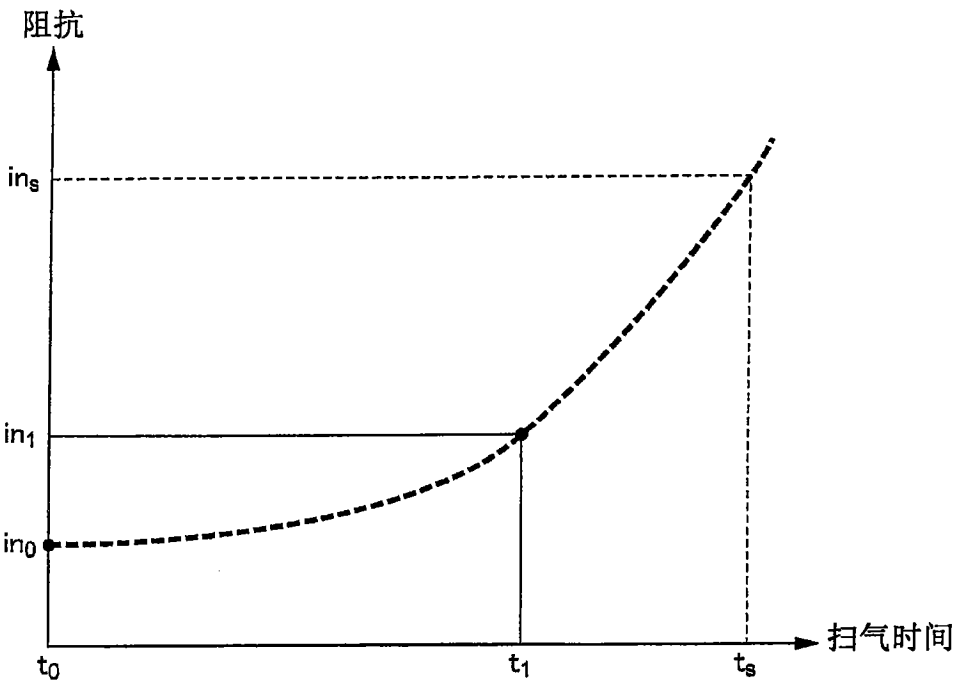


图 7