



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111756087 B

(45) 授权公告日 2023. 10. 03

(21) 申请号 202010221600.6

(22) 申请日 2020.03.26

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111756087 A

(43) 申请公布日 2020.10.09

(30) 优先权数据  
2019-067882 2019.03.29 JP

(73) 专利权人 日本特殊陶业株式会社  
地址 日本爱知县

(72) 发明人 松元裕次 小久保一成

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事  
务所(普通合伙) 11277  
专利代理师 刘新宇

(51) Int.Cl.

H02J 7/00 (2006.01)

H02J 50/10 (2016.01)

H02J 50/80 (2016.01)

(56) 对比文件

JP 2018019562 A, 2018.02.01

US 6287980 B1, 2001.09.11

JP 2010115026 A, 2010.05.20

JP 2015223042 A, 2015.12.10

WO 2017002828 A1, 2017.01.05

审查员 程艳婷

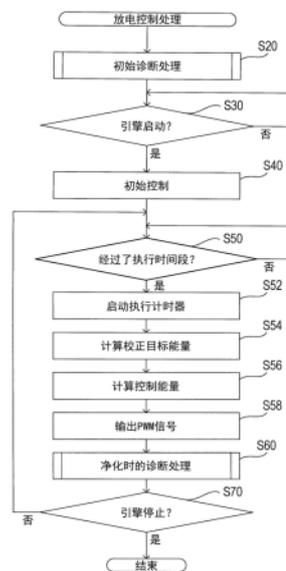
权利要求书1页 说明书12页 附图10页

(54) 发明名称

放电控制设备和方法

(57) 摘要

本公开提供一种放电控制设备和方法。[目的]为了降低生产成本或简化设备结构。[解决手段]本公开的放电控制设备控制反激方式的电源电路。电源电路包括具有一次线圈和二次线圈并进行电压转换的变压器、以及用于控制一次线圈的通电的驱动器。电源电路向等离子体反应器供给电能。放电控制设备基于流过一次线圈的一次电流和在一次线圈中产生的一次电压,来计算向一次线圈供给的供给能量和作为供给能量的一部分的再生能量,其中该一部分未用于等离子体反应器中的放电。放电控制设备基于计算的供给能量和计算的再生能量来控制电源电路。



1. 一种放电控制设备,用于控制包括变压器和驱动器的反激方式的电源电路,其中,所述变压器具有二次线圈和一次线圈并且进行电压转换,所述驱动器用于控制所述一次线圈的通电,所述电源电路向通过放电而产生等离子体的等离子体反应器供给电能,

所述放电控制设备包括:

能量计算部,其被配置为基于流过所述一次线圈的一次电流和在所述一次线圈中产生的一次电压,来计算向所述一次线圈供给的供给能量和作为所述供给能量的一部分的再生能量,其中该一部分未用于所述等离子体反应器中的放电;以及

控制部,其被配置为基于所述能量计算部所计算的所述供给能量和所述再生能量来控制所述电源电路。

2. 根据权利要求1所述的放电控制设备,其中,

所述能量计算部根据以下等式(1)来计算所述供给能量,并且根据以下等式(2)来计算所述再生能量,

[表达式1]

$$E_{\text{sup}} = \int_{t_1}^{t_2} V_p \cdot I_p dt \quad \dots(1)$$

$$E_{\text{reg}} = \int_{t_3}^{t_5} V_p \cdot I_p dt \quad \dots(2)$$

其中, $E_{\text{sup}}$ 表示所述供给能量, $E_{\text{reg}}$ 表示所述再生能量, $I_p$ 表示所述一次电流的值, $V_p$ 表示所述一次电压的值,并且假定所述供给能量是在从时间 $t_1$ 到时间 $t_2$ 的时间段期间产生的,并且所述再生能量是在从时间 $t_3$ 到时间 $t_5$ 的时间段期间产生的。

3. 一种放电控制方法,用于控制包括变压器和驱动器的反激方式的电源电路,其中,所述变压器具有二次线圈和一次线圈并且进行电压转换,所述驱动器用于控制所述一次线圈的通电,所述电源电路向通过放电而产生等离子体的等离子体反应器供给电能,

所述放电控制方法包括:

能量计算步骤,用于基于流过所述一次线圈的一次电流和在所述一次线圈中产生的一次电压,来计算向所述一次线圈供给的供给能量和作为所述供给能量的一部分的再生能量,其中该一部分未用于所述等离子体反应器中的放电;以及

控制步骤,用于基于所述能量计算步骤所计算的所述供给能量和所述再生能量来控制所述电源电路。

## 放电控制设备和方法

### 技术领域

[0001] 本公开涉及用于对向等离子体反应器供给电能的电源电路进行控制的放电控制设备,并且涉及用于控制电源电路的放电控制方法。

### 背景技术

[0002] 专利文献1描述了一种施加电压控制设备,该施加电压控制设备用于检测作为升压电路的脉冲状的二次电压的生成的结果而流向等离子体反应器的电流,并且基于通过将检测到的电流值进行积分而获得的积分电流值来估计施加到等离子体反应器的施加电压值。

[0003] [现有技术文献]

[0004] [专利文献]

[0005] [专利文献1]日本特开2017-16858

### 发明内容

[0006] [发明所要解决的问题]

[0007] 在专利文献1所描述的技术中,二次侧的电流被直接检测并且用于控制等离子体反应器。由于升压电路的二次电压是几千伏的高压,因此必须在通过使用例如非接触型电流传感器来确保绝缘的状态下进行电流检测。因此,专利文献1所述描述的技术需要用于确保电流传感器的绝缘的组件或作业,并且可能引起生产成本增加和设备结构的复杂程度增加的问题。

[0008] 本公开的目的是降低生产成本或者简化设备结构。

[0009] [解决问题的手段]

[0010] 本公开的一个模式是用于控制反激方式的电源电路的放电控制设备。电源电路包括具有一次线圈和二次线圈并进行电压转换的变压器、以及用于控制一次线圈的通电的驱动器。电源电路向通过放电而产生等离子体的等离子体反应器供给电能。

[0011] 本公开的放电控制设备包括能量计算部和控制部。

[0012] 能量计算部被配置为基于流过一次线圈的一次电流和在一次线圈中产生的一次电压,来计算向一次线圈供给的供给能量和作为供给能量的一部分的再生能量,其中该一部分未用于等离子体反应器中的放电。

[0013] 控制部被配置为基于能量计算部所计算的供给能量和再生能量,来控制电源电路。

[0014] 如以上描述那样配置的本公开的放电控制设备基于流过一次线圈的一次电流和一次线圈中产生的一次电压来计算供给能量和再生能量,并且基于供给能量和再生能量来控制电源电路。凭借该结构,本公开的放电控制设备可以在无需使用流过二次线圈的二次电流和二次线圈中产生的二次电压的情况下控制电源电路。因此,本公开的放电控制设备可以消除用于确保绝缘的组件或者作业的必要,从而降低生产成本或者简化设备结构。

[0015] 在本公开的一个模式中,能量计算部可以根据以下等式(1)来计算供给能量,并且根据以下等式(2)来计算再生能量。供给能量由 $E_{\text{sup}}$ 表示。再生能量由 $E_{\text{reg}}$ 表示。一次电流的值由 $I_p$ 表示。一次电压的值由 $V_p$ 表示。假定供给能量是在从时间 $t_1$ 到时间 $t_2$ 的时间段期间产生的,并且再生能量是在从时间 $t_3$ 到时间 $t_5$ 的时间段期间产生的。

[0016] [表达式1]

$$[0017] \quad E_{\text{sup}} = \int_{t_1}^{t_2} V_p \cdot I_p dt \quad \dots(1)$$

$$[0018] \quad E_{\text{reg}} = \int_{t_3}^{t_5} V_p \cdot I_p dt \quad \dots(2)$$

[0019] 本公开的另一个模式是用于控制反激方式的电源电路的放电控制方法。

[0020] 本公开的放电控制方法包括能量计算步骤和控制步骤。

[0021] 在能量计算步骤中,基于流过一次线圈的一次电流和一次线圈中产生的一次电压,来计算向一次线圈供给的供给能量和作为供给能量的一部分的再生能量,其中该一部分未用于等离子体反应器中的放电。

[0022] 在控制步骤中,基于在能量计算步骤中所计算的供给能量和再生能量来控制电源电路。

[0023] 由于本公开的放电控制方法是由本公开的放电控制设备执行的方法,因此通过进行该方法可以产生与通过本公开的放电控制设备产生的效果相同的效果。

## 附图说明

[0024] 图1是示出净化系统的示意性结构的框图。

[0025] 图2是示出等离子体反应器、变压器和放电控制设备的结构的电路图。

[0026] 图3是示出放电控制处理的流程图。

[0027] 图4是示出初始诊断处理的流程图。

[0028] 图5是示出净化时的诊断处理的流程图。

[0029] 图6是示出由于放电而导致的能量流动的电路图。

[0030] 图7是示出PWM信号、一次电流、一次端子间电压和二次能量的变化的时序图。

[0031] 图8是示出PWM信号、一次电流、一次端子间电压和反激(flyback)电压的变化的时序图。

[0032] 图9是示出等离子体反应器的等效电路的图。

[0033] 图10是示出放电控制设备的操作的具体示例的时序图。

## 具体实施方式

[0034] 现将参考附图描述本公开的实施例。

[0035] 如图1所示,本实施例的净化系统1包括电子控制设备2、等离子体反应器3、变压器4、电池5、放电控制设备6以及温度传感器7和8。

[0036] 电子控制设备2控制安装有净化系统1的车辆的引擎。在以下描述中,电子控制设备2将被称为引擎ECU 2。ECU是电子控制单元(Electronic Control Unit)的缩写。

[0037] 等离子体反应器3通过介质阻挡放电来产生等离子体。结果,等离子体反应器3去除从车辆引擎排出的废气中包含的颗粒物、碳氢化合物等。

[0038] 变压器4输出用于驱动等离子体反应器3的高压。电池5向引擎ECU 2、变压器4和放电控制设备6供给电源电压VB。

[0039] 放电控制设备6通过在电流流向变压器4的通电状态和没有电流流向变压器4的非通电状态之间切换,来控制等离子体反应器3的放电。放电控制设备6通过通信线路与引擎ECU 2进行数据通信。

[0040] 温度传感器7检测变压器4的温度,并且向放电控制设备6输出表示检测到的变压器4的温度的检测信号。温度传感器8检测放电控制设备6中设置的并且稍后将描述的驱动器32的温度。温度传感器8向放电控制设备6输出表示检测到的驱动器32的温度的检测信号。特别地,图2示出驱动器32。

[0041] 如图2所示,等离子体反应器3包括各自嵌入有放电电极11的多个第一电极板和各自嵌入有放电电极12的多个第二电极板。第一电极板和第二电极板以预定间隔沿着废气流动方向交替地布置。作为在位于彼此相邻的位置的第一电极板和第二电极板之间施加电压的结果,等离子体反应器3产生等离子体。

[0042] 变压器4包括一次线圈21和二次线圈22。一次线圈21的一端连接至电池5的正极端子,并且一次线圈21的另一端连接至放电控制设备6。二次线圈22的一端连接至等离子体反应器3的放电电极11,并且二次线圈22的另一端连接至等离子体反应器3的放电电极12。

[0043] 当放电控制设备6使变压器4进入以上描述的通电状态时,电流流向一次线圈21,并且能量被储存在一次线圈21中。随后,当放电控制设备6使变压器4进入以上描述的非通电状态时,向一次线圈21的电流供给被切断。因此,一次线圈21中储存的能量被输送至二次线圈22,并且在二次线圈22中产生高压。即,变压器4以反激(flyback)方式产生高压。

[0044] 放电控制设备6包括微型计算机31、驱动器32、栅极驱动器33、电阻器34、电流积分电路35和36、电流检测电路37、再生检测电路38以及电压检测电路39和40。

[0045] 微型计算机31包括CPU 51、ROM 52和RAM 53。微型计算机的各种功能通过非暂时性有形记录介质中存储的并由CPU 51执行的程序来实现。在该示例中,ROM 52与存储程序的非暂时性有形记录介质相对应。此外,作为执行该程序的结果,进行与该程序相对应的方法。特别地,CPU 51的一些或者全部功能可以通过硬件来实现,例如通过单个IC或者多个IC来实现。放电控制设备6可以包括单个微型计算机或者多个微型计算机。

[0046] 微型计算机31具有电压输出端子54和电压输入端子55、56、57、58和59。

[0047] 驱动器32是N沟道型MOSFET。驱动器32的漏极连接至变压器4的一次线圈21。驱动器32的源极通过电阻器34接地。

[0048] 栅极驱动器33的输入端子通过电阻器41连接至微型计算机31的电压输出端子54。栅极驱动器33的输出端子通过电阻器42连接至驱动器32的栅极。栅极驱动器33接收从微型计算机31的电压输出端子54输出的PWM信号,并且根据PWM信号的电压电平来输出施加至驱动器32的栅极的用于在接通(on)状态和断开(off)状态之间切换驱动器32的栅极控制电压 $V_{gs}$ 。具体地,当PWM信号在高电平时,栅极驱动器33将栅极控制电压 $V_{gs}$ 切换到高电平,以及当PWM信号在低电平时,栅极驱动器33将栅极控制电压 $V_{gs}$ 切换到低电平。PWM是脉冲宽度调制(Pulse Width Modulation)的缩写。

[0049] 当施加至栅极的栅极控制电压 $V_{gs}$ 变为高电平时,驱动器32处于接通状态。结果,电流在驱动器32的漏极和源极之间流动。另一方面,当施加至栅极的栅极控制电压 $V_{gs}$ 变为低电平时,驱动器32处于断开状态。结果,在驱动器32的漏极和源极之间的电流流动停止。

[0050] 电阻器34的一端连接至驱动器32的源极,并且电阻器34的另一端接地。

[0051] 电流积分电路35包括运算放大器61、电阻器62和电容器63。运算放大器61的非反向输入端子连接至电阻器34的一端。运算放大器61的反向输入端子通过电阻器62连接至电阻器34的另一端。运算放大器61的输出端子连接至电压输入端子58。电容器63的一端连接至运算放大器61的输出端子,并且电容器63的另一端连接至运算放大器61的反向输入端子。如以上描述那样配置的电流积分电路35输出通过利用时间对当电流从驱动器32侧向接地侧流过电阻器34时在电阻器34两端产生的电压进行积分所得到的供给电流积分电压 $V_{isi}^{\circ}$ 。

[0052] 电流积分电路36包括运算放大器66、电阻器67和电容器68。运算放大器66的非反向输入端子连接至电阻器34的另一端。运算放大器66的反向输入端子通过电阻器67连接至电阻器34的一端。运算放大器66的输出端子连接至电压输入端子59。电容器68的一端连接至运算放大器66的输出端子,并且电容器68的另一端连接至运算放大器66的反向输入端子。如以上描述那样配置的电流积分电路36输出通过利用时间对当电流从接地侧向驱动器32侧流过电阻器34时在电阻器34两端产生的电压进行积分所得到的再生电流积分电压 $V_{iri}^{\circ}$ 。

[0053] 电流检测电路37包括运算放大器71以及电阻器72、73、74和75。运算放大器71的输出端子连接至电压输入端子57。电阻器72连接在电阻器34的一端和运算放大器71的非反向输入端子之间。电压V1(在本实施例中,例如为2.5V)被施加至电阻器73的一端,并且电阻器73的另一端连接至运算放大器71的非反向输入端子。电阻器74连接在电阻器34的另一端和运算放大器71的反向输入端子之间。作为反馈电阻器,电阻器75连接在运算放大器71的反向输入端子和输出端子之间。即,由运算放大器71以及电阻器72、73、74和75形成差分放大电路。因此,运算放大器71输出通过放大电阻器34两端产生的电压而得到的电压 $V_{ip}$ 。

[0054] 再生检测电路38包括运算放大器81、电阻器82和83、以及电容器84。运算放大器81的反向输入端子通过电阻器75和电阻器74连接至电阻器34的另一端。运算放大器81的输出端子通过电阻器43和二极管44连接至运算放大器61的反向输入端子。此外,运算放大器81的输出端子通过电阻器23连接至栅极驱动器33的输入端子。因此,当来自再生检测电路38的输出信号为高电平时,栅极驱动器33将栅极控制电压 $V_{gs}$ 切换至高电平,以及当来自再生检测电路38的输出信号为低电平时,将栅极控制电压 $V_{gs}$ 切换至低电平。

[0055] 电阻器82的一端连接至运算放大器81的非反向输入端子,并且电阻器82的另一端接地。电压V2(在本实施例中,例如为5V)被施加至电阻器83的一端,并且电阻器83的另一端连接至运算放大器81的非反向输入端子。电容器84的一端连接至运算放大器81的输出端子,并且电容器84的另一端连接至运算放大器81的反向输入端子。

[0056] 电压检测电路39包括电阻器91和92。电阻器91的一端连接至电池5的正极端子,并且电阻器91的另一端连接至电压输入端子55。电阻器92的一端连接至电压输入端子55,并且电阻器92的另一端接地。

[0057] 电压检测电路40包括电阻器96和97。电阻器96的一端连接至一次线圈21的另一

端,并且电阻器96的另一端连接至电压输入端子56。电阻器97的一端连接至电压输入端子56,并且电阻器97的另一端接地。

[0058] 电压输出端子54通过电阻器45和二极管46连接至运算放大器66的反向输入端子。

[0059] 接着,将描述放电控制设备6的CPU 51执行的放电控制处理的步骤。在作为将车辆的辅助电源从断开状态切换到接通状态的结果而向放电控制设备6供电时,紧接在微型计算机31开始其操作之后开始放电控制处理。

[0060] 如图3所示,在放电控制处理中,CPU 51首先在S20中执行初始诊断处理。

[0061] 这里,将描述初始诊断处理的步骤。

[0062] 如图4所示,在初始诊断处理中,CPU 51首先在S110中诊断变压器4的内部温度的异常。具体地,CPU 51判断由来自温度传感器7的检测信号表示的温度(下文中被称为“电源电路内部温度”)是否落入预先设置的预定工作温度范围(在本实施例中,例如为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ )之内。在电源电路内部温度落入工作温度范围之内,的情况下,CPU 51清除RAM 53中设置的初始温度异常标志。另一方面,在电源电路内部温度落在工作温度范围之外的情况下,CPU 51设置初始温度异常标志。

[0063] 接着,在S120中,CPU 51诊断电池5的电压的异常。具体地,CPU 51基于从电压检测电路39输入到电压输入端子55的电压,来判断电池5的电压(下文中被称为“电源电压”)是否落入预先设置的工作电压范围(在本实施例中,例如为 $10\text{V}\sim 16\text{V}$ )之内。在电源电压落入工作电压范围之内,的情况下,CPU 51清除RAM 53中设置的初始电压异常标志。另一方面,在电源电压落在工作电压范围之外的情况下,CPU 51设置初始温度异常标志。

[0064] 接着,在S130中,CPU 51诊断变压器4的内部故障。具体地,CPU 51首先从电压输出端子54输出具有预先设置的用于初始诊断的占空比的PWM信号。结果,等离子体反应器3将与稍后将描述的S50中产生的放电所用的能量水平更低的能量水平产生放电,从而产生等离子体。当驱动器32处于接通状态时,CPU 51基于从电流检测电路37输入到电压输入端子57的电压 $V_{ip}$ ,来判断向一次线圈21流动的电流的大小(下文中被称为“一次线圈电流值”)是否小于预先设置的变压器断线判断值。在一次线圈电流值小于变压器断线判断值的情况下,CPU 51设置RAM 53中设置的初始断线异常标志。另一方面,在一次线圈电流值等于或大于变压器断线判断值的情况下,CPU 51清除初始断线异常标志。

[0065] 接着,在S140中,CPU 51诊断等离子体反应器3的泄漏异常。

[0066] 首先,将描述等离子体反应器3的短路的检测方法。

[0067] 如图6所示,当驱动器32从断开状态切换到接通状态时,一次电流 $I_p$ 流向一次线圈21,并且产生一次线圈21的端子间电压 $V_p$ (下文中被称为“一次端子间电压 $V_p$ ”),由此供给能量 $E_{sup}$ 储存在一次线圈21中。当之后驱动器32从接通状态切换到断开状态时,一次线圈21中储存的供给能量 $E_{sup}$ 被输送至二次线圈22。结果,在二次线圈22中产生高压,并且在等离子体反应器3中产生放电。此时,在驱动器32的漏极和源极之间产生反激电压 $V_{fly}$ 。

[0068] 二次线圈22的端子间电压将被称为“二次端子间电压 $V_s$ ”。等离子体反应器3中放电所消耗的能量将被称为“放电能量 $E_{dis}$ ”。由于等离子体反应器3是电容性负载,因此未被放电消耗的能量返回到一次侧。该能量将被称为“再生能量 $E_{reg}$ ”。

[0069] 因此,在供给能量 $E_{sup}$ 与“放电能量 $E_{dis}$ 和再生能量 $E_{reg}$ ”之间,由等式(3)所表示的关系成立。在放电能量 $E_{dis}$ 小的情况下,供给能量 $E_{sup}$ 和再生能量 $E_{reg}$ 彼此近似相等。即,在供

给能量 $E_{\text{sup}}$ 和再生能量 $E_{\text{reg}}$ 之间,由等式(4)所表示的关系成立。在泄漏电流在等离子体反应器3中流动的情况下,由等式(5)所表示的关系成立,其中, $E_{\text{leak}}$ 表示泄漏能量,该泄露能量是作为等离子体反应器3中的泄漏电流的流动的结果而消耗的能量。

[0070] 因此,当在放电能量 $E_{\text{dis}}$ 小的状态下泄漏电流在等离子体反应器3内部流动时,由等式(6)表示的关系成立。

[0071] [表达式2]

$$E_{\text{sup}} = E_{\text{reg}} + E_{\text{dis}} \cdots (3)$$

$$E_{\text{sup}} \cong E_{\text{reg}} \cdots (4)$$

$$E_{\text{sup}} = E_{\text{reg}} + E_{\text{leak}} \cdots (5)$$

$$E_{\text{sup}} > E_{\text{reg}} \cdots (6)$$

[0076] 如图7所示,当PWM信号在时间 $t_1$ 从低电平变化为高电平时,一次电流 $I_p$ 逐渐增大,并且一次端子间电压 $V_p$ 变为等于电源电压VB。随后,当PWM信号在时间 $t_2$ 从高电平变化为低电平时,一次电流 $I_p$ 急剧地减小并变为0[A],一次端子间电压 $V_p$ 从电源电压VB急剧地减小为负侧,并且在等离子体反应器3中产生放电。放电的产生从时间 $t_2$ 持续到时间 $t_3$ 。在放电结束之后,一次电流 $I_p$ 在负侧振荡的同时衰减,并且在时间 $t_4$ 变为0[A]。在时间 $t_3$ 和时间 $t_4$ 之间的时间段中一次端子间电压 $V_p$ 变为等于电源电压VB,并且在时间 $t_4$ 变为0[V]。随后,一次电流 $I_p$ 为0[A]并且一次端子间电压 $V_p$ 为0[V]的状态持续直到时间 $t_5$ 为止,在时间 $t_5$ ,PWM信号再次从低电平变化为高电平。

[0077] 即,从时间 $t_1$ 到时间 $t_2$ 的时间段是能量供给时间段 $T_{\text{sup}}$ 。从时间 $t_2$ 到时间 $t_3$ 的时间段是放电时间段 $T_{\text{dis}}$ 。从时间 $t_3$ 到时间 $t_4$ 的时间段是再生时间段 $T_{\text{reg}}$ 。

[0078] 在图8中,由虚线表示的曲线L1示出针对泄漏电流在等离子体反应器3中流动的情况的一次电流 $I_p$ 。由虚线表示的曲线L2和由虚线表示的折线L3示出针对泄漏电流在等离子体反应器3中流动的情况的一次端子间电压 $V_p$ 。由实线表示的曲线L4示出针对没有泄漏电流在等离子体反应器3中流动的情况的一次电流 $I_p$ 。如曲线L1和L4所示,当泄漏电流在等离子体反应器3中流动时,在再生时间段 $T_{\text{reg}}$ 中的一次电流 $I_p$ 的绝对值减小。因此,当泄漏电流在等离子体反应器3中流动时,再生能量 $E_{\text{reg}}$ 减小。

[0079] 因此,在S140中,CPU 51首先从电压输出端子54输出具有预先设置的用于初始诊断的占空比的PWM信号。用于初始诊断的占空比被设置为构建等离子体反应器3中不产生放电的无放电状态或者等离子体反应器3中的放电能量较小的低放电状态。特别地,表述“放电能量较小”意味着放电能量是例如等离子体反应器3的最大放电能量的10%或更小。

[0080] 然后,CPU 51基于输入到电压输入端子58的供给电流积分电压 $V_{\text{isi}}$ ,根据等式(7)计算供给能量 $E_{\text{sup}}$ 。CPU 51还基于输入到电压输入端子59的再生电流积分电压 $V_{\text{iri}}$ ,根据等式(8)计算再生能量 $E_{\text{reg}}$ 。

[0081] 特别地,等式(7)和(8)中的 $R_{\text{sh}}$ 表示电阻器34的电阻。等式(7)中的 $R_{\text{gs}}$ 表示电阻器62的电阻。等式(7)中的 $C_{\text{gs}}$ 表示电容器63的电容。等式(8)中的 $R_{\text{gr}}$ 表示电阻器67的电阻。等式(8)中的 $C_{\text{gr}}$ 表示电容器68的电容。

[0082] 根据等式(7)计算的供给能量 $E_{\text{sup}}$ 与根据等式(9)计算的供给能量 $E_{\text{sup}}$ 相对应。根据等式(8)计算的再生能量 $E_{\text{reg}}$ 与根据等式(10)计算的再生能量 $E_{\text{reg}}$ 相对应。等式(9)中的时间

$t_1$ 对应于图7中的时间 $t_1$ 。等式(9)中的时间 $t_2$ 对应于图7中的时间 $t_2$ 。等式(10)中的时间 $t_3$ 对应于图7中的时间 $t_3$ 。等式(10)中的时间 $t_5$ 对应于图7中的时间 $t_5$ 。

[0083] [表达式3]

$$[0084] \quad E_{\text{sup}} = \frac{C_{gs} R_{gs} V_{isi}}{R_{sh}} \times VB \quad \dots(7)$$

$$[0085] \quad E_{\text{reg}} = \frac{C_{gr} R_{gr} V_{iri}}{R_{sh}} \times VB \quad \dots(8)$$

$$[0086] \quad E_{\text{sup}} = \int_{t_1}^{t_2} V_p \cdot I_p dt \quad \dots(9)$$

$$[0087] \quad E_{\text{reg}} = \int_{t_3}^{t_5} V_p \cdot I_p dt \quad \dots(10)$$

[0088] 随后,CPU 51判断计算的供给能量 $E_{\text{sup}}$ 和计算的再生能量 $E_{\text{reg}}$ 是否满足由等式(6)表示的关系。即,CPU 51判断供给能量 $E_{\text{sup}}$ 是否大于再生能量 $E_{\text{reg}}$ 。在供给能量 $E_{\text{sup}}$ 大于再生能量 $E_{\text{reg}}$ 的情况下,CPU 51设置RAM 53中设置的初始泄漏标志。另一方面,在供给能量 $E_{\text{sup}}$ 等于或小于再生能量 $E_{\text{reg}}$ 的情况下,CPU 51清除初始泄漏标志。

[0089] 在S140的处理完成之后,如图4所示,CPU 51在S150中诊断等离子体反应器3的开路异常。等离子体反应器3的开路异常意味着发生等离子体反应器3的损坏或者等离子体反应器3中的断线。

[0090] 首先,将描述等离子体反应器3的开路异常的检测方法。

[0091] 如图9所示,等离子体反应器3的等效电路由电容器16和与电容器16串联连接的电容器17来表示。

[0092] 在等离子体反应器3的电容由 $C_c$ 表示、电容器16的电容由 $C_g$ 表示并且电容器17的电容由 $C_d$ 表示的情况下,等离子体反应器3的电容由等式(11)表示。特别地, $C_d > C_g$ 。

[0093] 供给能量 $E_{\text{sup}}$ 由等式(12)表示。二次端子间电压 $V_s$ 由根据等式(12)所获得的等式(13)来表示。

[0094] [表达式4]

$$[0095] \quad C_c = \frac{C_d C_g}{C_d + C_g} \quad \dots(11)$$

$$[0096] \quad E_{\text{sup}} = \frac{1}{2} \cdot C_c \cdot V_s^2 \quad \dots(12)$$

$$[0097] \quad V_s = \sqrt{\frac{2E_{\text{sup}}}{C_c}} \quad \dots(13)$$

[0098] 在一次线圈21的匝数由n表示并且二次线圈22的匝数由m表示的情况下,反激电压 $V_{f1y}$ 由等式(14)表示。因此,反激电压 $V_{f1y}$ 由根据等式(13)和等式(14)所获得的等式(15)表

示。

[0099] 当等离子体反应器3中发生损坏或者断线时,电容器17的电容 $C_d$ 减小。当在等离子体反应器3损坏或者遭到断线的状态下电容器17的电容由 $C_{do}$ 表示时,由等式(16)表示的关系成立。

[0100] 此外,当在等离子体反应器3损坏或者遭到断线的状态下等离子体反应器3的电容由 $C_{open}$ 表示时,由等式(17)表示的关系成立。

[0101] [表达式5]

$$[0102] \quad V_{fly} = \frac{n}{m} \cdot V_s \quad \dots(14)$$

$$[0103] \quad V_{fly} = \frac{n}{m} \cdot \sqrt{\frac{2E_{sup}}{C_c}} \quad \dots(15)$$

$$[0104] \quad C_{do} \ll C_g \dots (16)$$

$$[0105] \quad C_{open} = \frac{C_{do} C_g}{C_{do} + C_g} \ll C_c \quad \dots(17)$$

[0106] 因此,与在等离子体反应器3未损坏并且未遭到断线的情况下的反激电压 $V_{fly}$ 相比,在等离子体反应器3损坏或遭到断线的情况下的反激电压 $V_{fly}$ 更大。

[0107] 如图8所示,在放电时间段 $T_{dis}$ 中产生反激电压 $V_{fly}$ 。由实线表示的曲线L5示出针对等离子体反应器3正常的情况的反激电压 $V_{fly}$ 。由实线表示的曲线L6示出针对等离子体反应器3损坏或遭到断线的情况的反激电压 $V_{fly}$ 。

[0108] 因此,在S150中,CPU 51首先从电压输出端子54输出具有用于初始诊断的占空比的PWM信号。然后,CPU 51基于从电压检测电路40输入到电压输入端子56的电压,来计算反激电压 $V_{fly}$ 。随后,CPU 51判断计算的反激电压 $V_{fly}$ 是否高于预先设置的开路判断电压。在反激电压 $V_{fly}$ 高于开路判断电压的情况下,CPU 51设置RAM 53中设置的初始开路标志。另一方面,在反激电压 $V_{fly}$ 等于或低于开路判断电压的情况下,CPU 51清除初始开路标志。

[0109] 在S150的处理完成之后,如图4所示,CPU 51在S160中诊断等离子体反应器3的劣化异常。等离子体反应器3的劣化异常意味着例如放电电极11和放电电极12之间的空间被烟尘堵塞。

[0110] 首先,将描述等离子体反应器3的劣化检测方法。

[0111] 当放电电极11和放电电极12之间的空间被烟尘堵塞时,电容器16的电容 $C_g$ 增大。当在等离子体反应器3中发生烟尘堵塞的状态下电容器16的电容 $C_g$ 由 $C_{gc}$ 表示时,由等式(18)表示的关系成立。

[0112] 此外,当在等离子体反应器3中发生烟尘堵塞的状态下等离子体反应器3的电容由 $C_{c1o}$ 表示时,由等式(19)表示的关系成立。

[0113] [表达式6]

$$[0114] \quad C_{gc} >> C_d \dots (18)$$

$$[0115] \quad C_{c \log} = \frac{C_d C_{gc}}{C_d + C_{gc}} \gg C_c \quad \dots(19)$$

[0116] 因此,与在尚未发生烟尘堵塞的情况下的反激电压 $V_{fly}$ 相比,在发生了烟尘堵塞的情况下的反激电压 $V_{fly}$ 更小。

[0117] 如图8所示,在放电时间段 $T_{dis}$ 中产生反激电压 $V_{fly}$ 。由实线表示的曲线L5示出针对等离子体反应器3正常的情况的反激电压 $V_{fly}$ 。由实线表示的曲线L7示出针对等离子体反应器3中发生烟尘堵塞的情况的反激电压 $V_{fly}$ 。

[0118] 因此,在S160中,CPU 51首先从电压输出端子54输出具有用于初始诊断的占空比的PWM信号。然后,CPU 51基于从电压检测电路40输入到电压输入端子56的电压,来计算反激电压 $V_{fly}$ 。随后,CPU 51判断计算的反激电压 $V_{fly}$ 是否低于预先设置的劣化判断电压。在反激电压 $V_{fly}$ 低于劣化判断电压的情况下,CPU 51设置RAM 53中设置的初始劣化标志。另一方面,在反激电压 $V_{fly}$ 等于或高于劣化判断电压的情况下,CPU 51清除初始劣化标志。

[0119] 在S160的处理完成之后,CPU 51结束如图4中所示的初始诊断处理。

[0120] 在初始诊断处理完成之后,如图3所示,在S30中,CPU 51基于从引擎ECU 2周期性接收到的引擎驱动信息,来判断车辆引擎是否被启动。引擎驱动信息是表示引擎的工作状态(例如,引擎转速)的信息。

[0121] 在引擎尚未启动的情况下,CPU 51通过重复S30的处理来进行等待直到引擎启动为止。当引擎启动时,CPU 51在S40中执行初始控制。具体地,CPU 51从电压输出端子54输出具有预先设置的最大占空比(在本实施例中,例如为45%)的PWM信号,由此在等离子体反应器3中产生等离子体。

[0122] 然后,CPU 51在等离子体反应器3以最大占空比被驱动的时间段(下文中被称为“初始驱动时间段”)中获得消耗能量、废气温度、烟尘浓度和气压的数据。

[0123] 消耗能量是在初始驱动时间段期间通过等离子体反应器3中的放电所消耗的能量。CPU 51在初始驱动时间段期间重复计算供给能量 $E_{sup}$ 和再生能量 $E_{reg}$ 。另外,在初始驱动时间段期间,CPU 51通过从供给能量 $E_{sup}$ 中减去再生能量 $E_{reg}$ 来重复计算供给能量 $E_{sup}$ 和再生能量 $E_{reg}$ 之间的差。另外,CPU 51对在初始驱动时间段期间计算的差进行积分,由此计算消耗能量。CPU 51使用消耗能量的计算值作为消耗能量的数据。

[0124] 另外,CPU 51在初始驱动时间段期间接收从引擎ECU 2周期性发送的废气温度信息,并且将由接收到的废气温度信息表示的废气温度的值用作废气温度的数据。CPU 51在初始驱动时间段期间接收从引擎ECU 2周期性发送的烟尘浓度信息,并且将由接收到的烟尘浓度信息表示的烟尘浓度的值用作烟尘浓度的数据。CPU 51在初始驱动时间段期间接收从引擎ECU 2周期性发送的气压信息,并且将由接收到的气压信息表示的气压的值用作气压的数据。

[0125] 此外,CPU 51基于在初始驱动时间段期间获得的烟尘浓度的数据,来计算在初始驱动时间段期间去除的烟尘量(下文中被称为“初始去除烟尘量”)。随后,CPU 51参考在将消耗能量、初始去除烟尘量、废气温度和气压用作参数的情况下预先设置了校正系数的校正系数计算映射,来确定校正系数。校正系数被用于S54的处理。

[0126] 接着,在S50中,CPU 51判断是否经过了预先设置的执行时间段(在本实施例中,例

如为1秒)。具体地,CPU 51判断RAM 53中设置的执行计时器的值是否等于或者大于与执行时间段相对应的值。执行计时器是以例如1ms的间隔递增(即,计时器的值加1)的计时器。当执行计时器启动时,其值从0递增。

[0127] 在尚未经过的执行时间段的情况下,CPU 51通过重复S50的处理来进行等待直到经过执行时间段为止。当经过了执行时间段时,CPU 51在S52中启动执行计时器。

[0128] 接着,在S54中,CPU 51在参考目标计算映射的情况下,基于最新获得的废气温度、烟尘浓度和气压的数据,来确定目标消耗能量,在该目标计算映射中,在将废气温度、烟尘浓度和气压用作参数的情况下预先设置了目标消耗能量。此外,CPU 51通过将确定的目标消耗能量乘以在S40中确定的校正系数,来计算校正目标能量。

[0129] 另外,在S56中,CPU 51根据等式(7)基于最新输入的供给电流积分电压 $V_{isi}$ 来计算供给能量 $E_{sup}$ 。另外,CPU 51根据等式(8)基于最新输入的再生电流积分电压 $V_{iri}$ 来计算再生能量 $E_{reg}$ 。此外,CPU 51通过从计算的供给能量 $E_{sup}$ 中减去计算的再生能量 $E_{reg}$ 来计算控制能量。

[0130] 随后,在S58中,CPU 51通过例如使用比例增益、积分增益和微分增益的反馈控制(即,PID控制)来计算PWM信号的占空比,使得计算的校正目标能量和计算的控制能量之间的偏差变为零。然后,CPU 51从电压输出端子54输出具有计算的占空比的PWM信号。

[0131] 接着,CPU 51在S60中执行净化时的诊断处理。

[0132] 这里,将描述净化时的诊断处理的步骤。

[0133] 在净化时的诊断处理中,如图5所示,CPU 51首先在S210中进行对驱动器32的过热保护处理。具体地,CPU 51首先判断由来自温度传感器8的检测信号所表示的温度(下文中被称为“驱动器温度”)是否等于或高于预先设置的故障判断温度。在驱动器温度等于或高于故障判断温度的情况下,CPU 51设置RAM 53中设置的驱动器过热标志,并且禁止从电压输出端子54输出PWM信号。另一方面,在驱动器温度低于故障判断温度的情况下,CPU 51清除驱动器过热标志。

[0134] 接着,在S220中,CPU 51诊断电池5的电压的异常,具体地,CPU 51以与S120中的方式相同的方式判断电源电压是否落入工作电压范围之内。在电源电压落入工作电压范围内的情况下,CPU 51清除RAM 53中设置的净化时电压异常标志。另一方面,在电源电压落在在工作电压范围之外的情况下,CPU 51设置净化时电压异常标志。

[0135] 接着,在S230中,CPU 51执行对驱动器32的过电压保护处理。具体地,CPU 51首先基于从电压检测电路40输入至电压输入端子56的电压,来计算反激电压 $V_{fly}$ 。随后,CPU 51判断计算的反激电压 $V_{fly}$ 是否等于或高于预先设置的故障判断电压。在反激电压 $V_{fly}$ 等于或高于故障判断电压的情况下,CPU 51设置RAM 53中设置的驱动器过电压标志,并且禁止从电压输出端子54输出PWM信号。另一方面,在反激电压 $V_{fly}$ 低于故障判断电压的情况下,CPU 51清除驱动器过电压标志。

[0136] 接着,在S240中,CPU 51诊断变压器4的内部故障。具体地,如在S130中,当驱动器32处于接通状态时,CPU 51基于从电流检测电路37输入至电压输入端子57的电压 $V_{ip}$ ,来判断一次线圈电流值是否小于变压器断线判断值。在一次线圈电流值小于变压器断线判断值的情况下,CPU 51设置RAM 53中设置的净化时断线异常标志。另一方面,在一次线圈电流值等于或大于变压器断线判断值的情况下,CPU 51清除净化时断线异常标志。

[0137] 接着,在S250中,CPU 51诊断等离子体反应器3的开路异常。具体地,CPU 51首先以与S150中的方式相同的方式,基于从电压检测电路40输入至电压输入端子56的电压,来计算反激电压 $V_{fly}$ 。然后,CPU 51判断计算的反激电压 $V_{fly}$ 是否高于开路判断电压。在反激电压 $V_{fly}$ 高于开路判断电压的情况下,CPU 51设置RAM 53中设置的净化时开路标志。另一方面,在反激电压 $V_{fly}$ 等于或低于开路判断电压的情况下,CPU 51清除净化时开路标志。

[0138] 在S250的处理完成之后,CPU 51结束净化时的诊断处理。

[0139] 在结束净化时的诊断处理之后,如图3所示,在S70中,CPU 51基于从引擎ECU 2周期性接收到的引擎驱动信息,来判断车辆引擎是否被停止。在引擎尚未停止的情况下,CPU 51前进到S50。另一方面,在引擎停止的情况下,CPU 51结束放电控制处理。

[0140] 接着,将描述放电控制设备6的操作的具体示例。

[0141] 如图10所示,当PWM信号在时间 $t_1$ 从低电平变化为高电平时,栅极控制电压 $V_{gs}$ 从低电平变化为高电平。结果,一次电流 $I_p$ 逐渐增大,并且一次端子间电压 $V_p$ 变为等于电源电压VB。另外,作为一次电流 $I_p$ 增大的结果,供给电流积分电压 $V_{isi}$ 逐渐增大。

[0142] 当PWM信号在时间 $t_2$ 从高电平变化为低电平时,栅极控制电压 $V_{gs}$ 从高电平变化为低电平。结果,一次电流 $I_p$ 急剧地减小,并且变为0[A]。另外,一次端子间电压 $V_p$ 急剧地减小到负侧,并且二次端子间电压 $V_s$ 急剧地增大,从而在等离子体反应器3中产生放电。另外,反激电压 $V_{fly}$ 急剧地增大。

[0143] 放电的产生从时间 $t_2$ 持续到时间 $t_3$ 。在放电结束之后,一次电流 $I_p$ 在负侧振荡的同时衰减,并且在时间 $t_4$ 变为0[A]。从时间 $t_3$ 到时间 $t_4$ 流动的一次电流 $I_p$ 是再生电流。在时间 $t_3$ 和时间 $t_4$ 之间的时间段中,一次端子间电压 $V_p$ 变为等于电源电压VB,并且在时间 $t_4$ 变为0[V]。二次端子间电压 $V_s$ 在时间 $t_3$ 和时间 $t_4$ 之间的时间段中,在正侧和负侧之间震荡的同时衰减。

[0144] 另外,由于从时间 $t_3$ 到时间 $t_4$ 流动的一次电流 $I_p$ ,导致再生电流积分电压 $V_{iri}$ 逐渐增大。另外,再生检测电路38的输出电压 $V_{isr}$ 在时间 $t_3$ 从低电平变化为高电平,并且在时间 $t_4$ 从高电平变化为低电平。当输出电压 $V_{isr}$ 从低电平变化为高电平时,供给电流积分电压 $V_{isi}$ 被重置为0[V]。特别地,根据再生检测电路38的输出电压 $V_{isr}$ ,栅极控制电压 $V_{gs}$ 在时间 $t_3$ 从低电平变化为高电平,并且在时间 $t_4$ 从高电平变化为低电平。

[0145] 当电压输出端子54的电压 $V_{irr}$ 在时间 $t_5$ 从低电平变化为高电平时,再生电流积分电压 $V_{iri}$ 重置为0[V],其中在时间 $t_5$ ,栅极控制电压 $V_{gs}$ 从低电平变化为高电平。

[0146] 如上所述配置的放电控制设备6控制反激方式的电源电路。电源电路包括具有一次线圈21和二次线圈22并且进行电压转换的变压器4、以及用于控制一次线圈21的通电的驱动器32。电源电路向通过放电而产生等离子体的等离子体反应器3供给电能。

[0147] 放电控制设备6基于流过一次线圈21的一次电流 $I_p$ 和一次线圈21中产生的端子间电压 $V_p$ ,来计算向一次线圈21供给的供给能量 $E_{sup}$ 和作为供给能量 $E_{sup}$ 的一部分的再生能量 $E_{reg}$ ,其中该一部分未被用于等离子体反应器3中的放电。

[0148] 放电控制设备6基于计算的供给能量 $E_{sup}$ 和计算的再生能量 $E_{reg}$ ,来控制电源电路。

[0149] 如上所述,放电控制设备6基于流过一次线圈21的一次电流 $I_p$ 和一次线圈21中产生的端子间电压 $V_p$ 来计算供给能量 $E_{sup}$ 和再生能量 $E_{reg}$ ,并且基于供给能量 $E_{sup}$ 和再生能量 $E_{reg}$ 来控制电源电路。凭借该结构,放电控制设备6可以在无需使用流过二次线圈22的二次

电流和二次线圈22中产生的二次电压的情况下控制电源电路。因此,放电控制设备6可以消除用于确保绝缘的组件或者作业的必要,从而降低生产成本或简化设备结构。

[0150] 在以上描述的实施例中,变压器4和驱动器32对应于电源电路;并且端子间电压 $V_p$ 对应于一次电压。

[0151] 另外,S56与由能量计算部进行的处理和作为能量计算步骤所进行的处理相对应,并且S58与由控制部进行的处理和作为控制步骤进行的处理相对应。

[0152] 已经描述了本公开的一个实施例;然而,本公开不限于以上描述的实施例,并且可以做出各种变形。

[0153] 例如,在以上描述的实施例中,通过使用等式(7)和(8)来计算供给能量 $E_{sup}$ 和再生能量 $E_{reg}$ 。然而,可以通过使用等式(9)和(10)来计算供给能量 $E_{sup}$ 和再生能量 $E_{reg}$ 。

[0154] 另外,以上描述的实施例中的一个组成元件的功能可以被分配给多个组成元件,或者多个组成元件的功能可以由一个组成元件实现。以上描述的实施例的结构的一部分可以被省略。另外,以上描述的实施例的结构的至少一部分可以被添加至或部分地替换其它实施例的结构。

[0155] 本公开可以以除了以上描述的放电控制设备6之外的各种形式来实现。例如,本公开可以被实现为包括放电控制设备6作为组成元件的系统、用于使计算机用作放电控制设备6的程序、记录有该程序的诸如半导体存储器等的非暂时性有形记录介质、以及放电控制方法。

[0156] [附图标记说明]

[0157] 3……等离子体反应器;4……变压器;6……放电控制设备;21……一次线圈;22……二次线圈;32……驱动器。

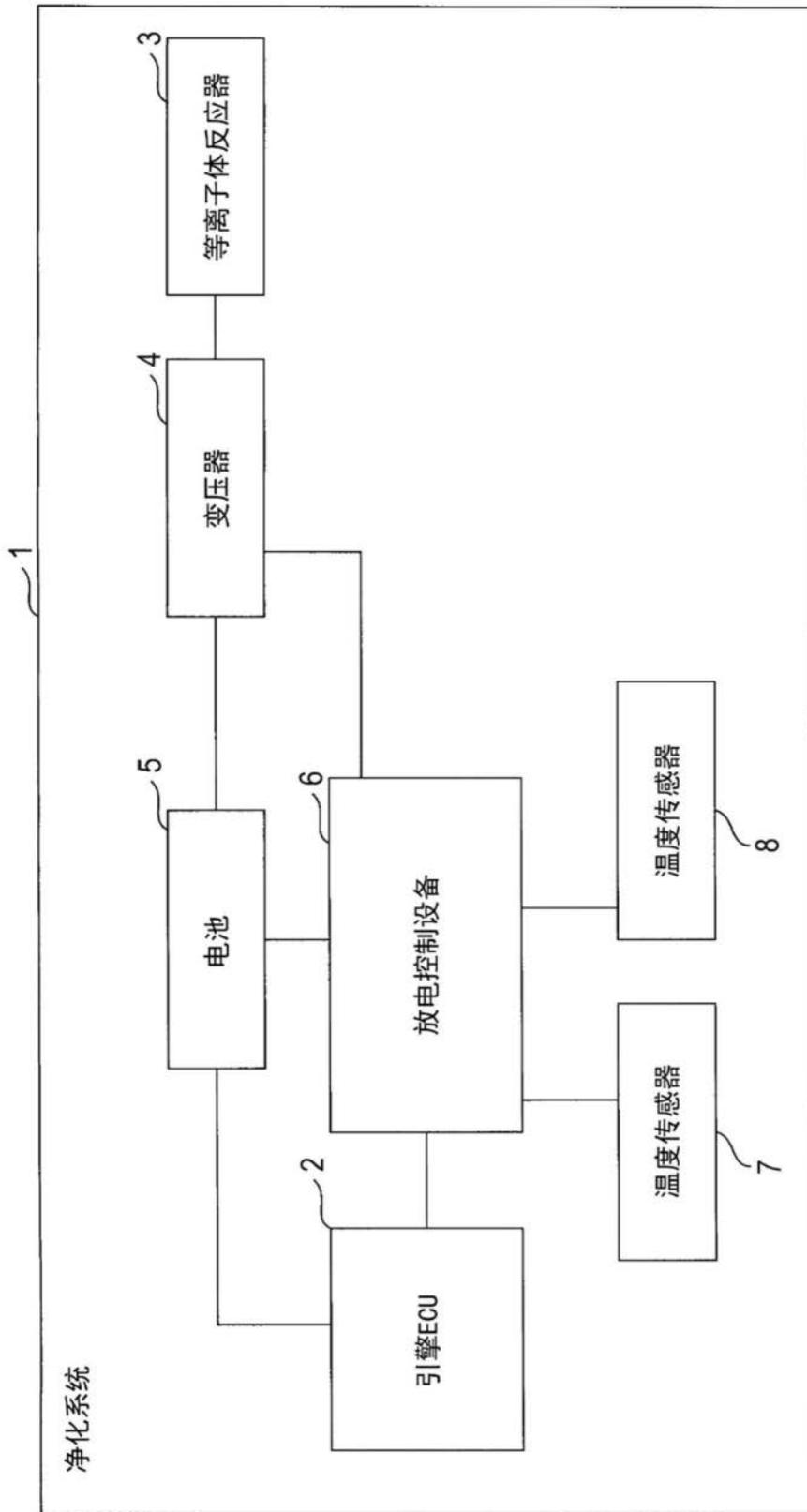


图1



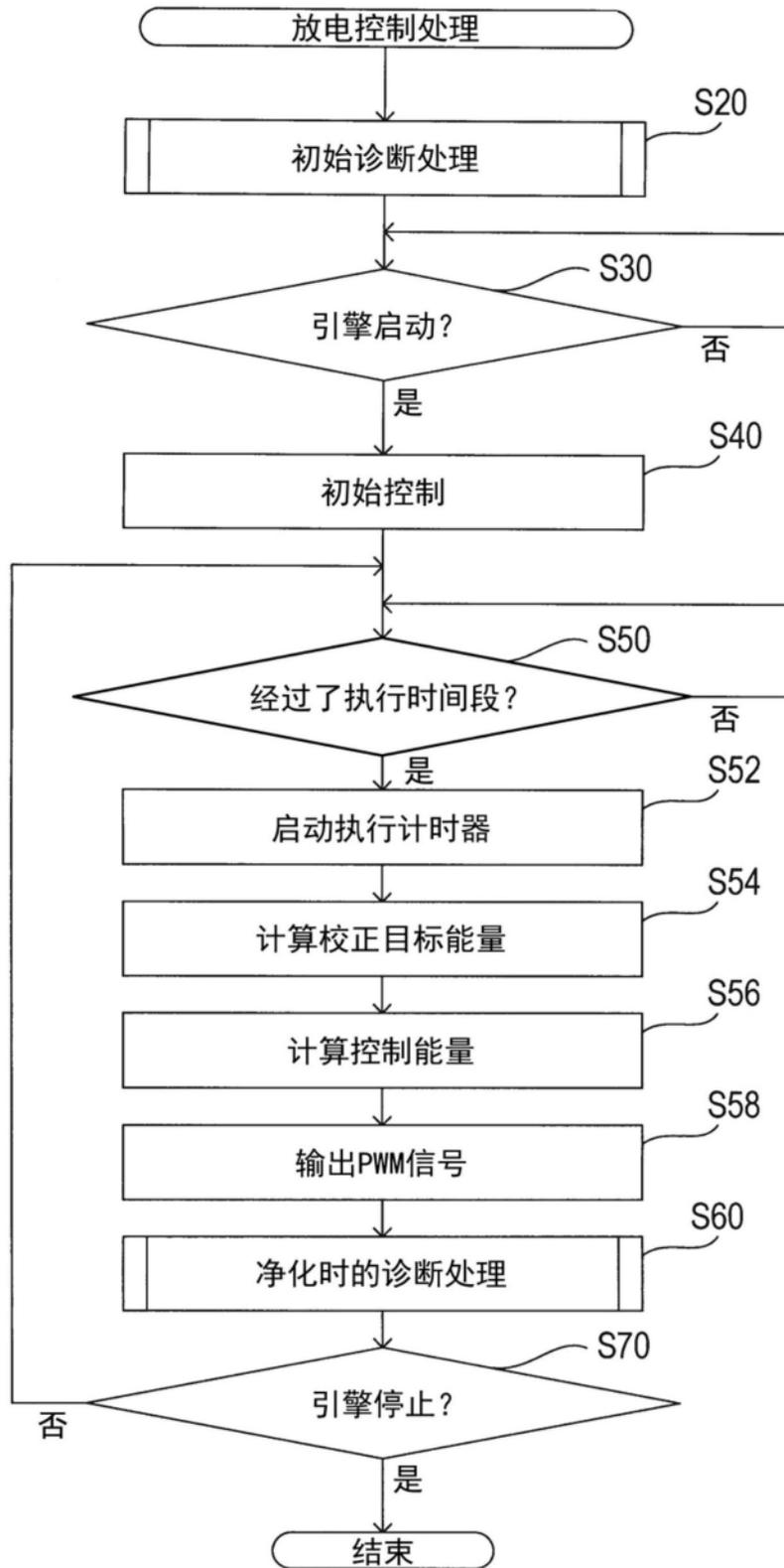


图3

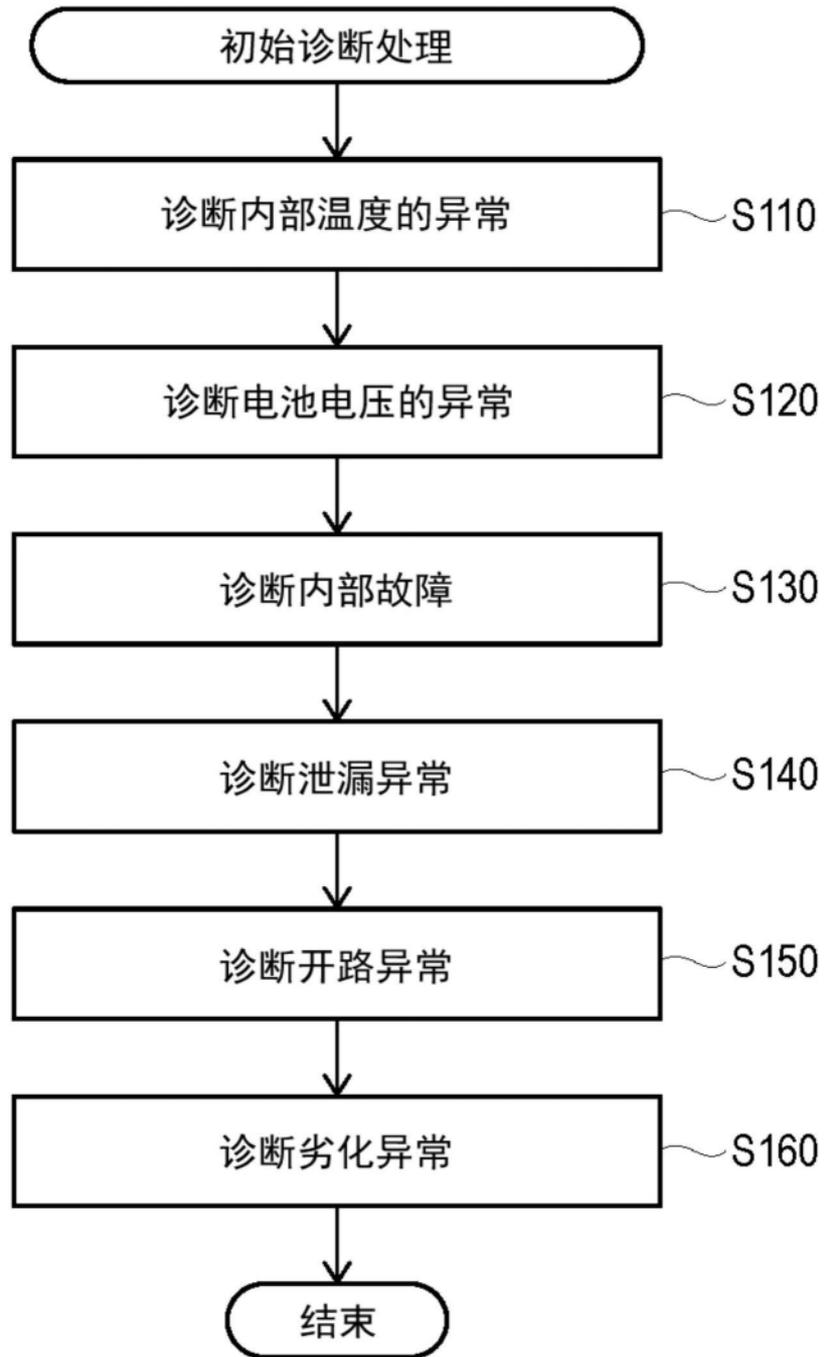


图4

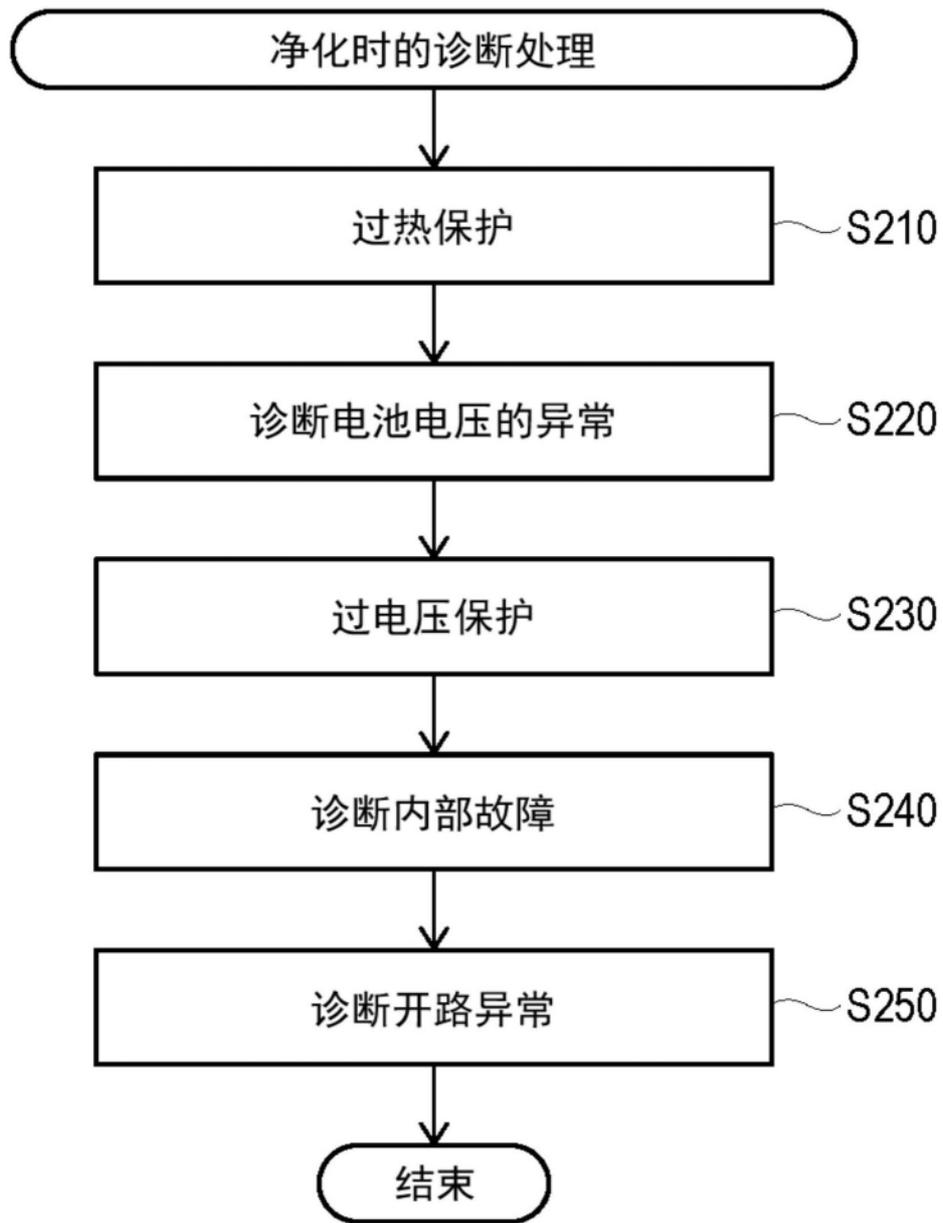


图5

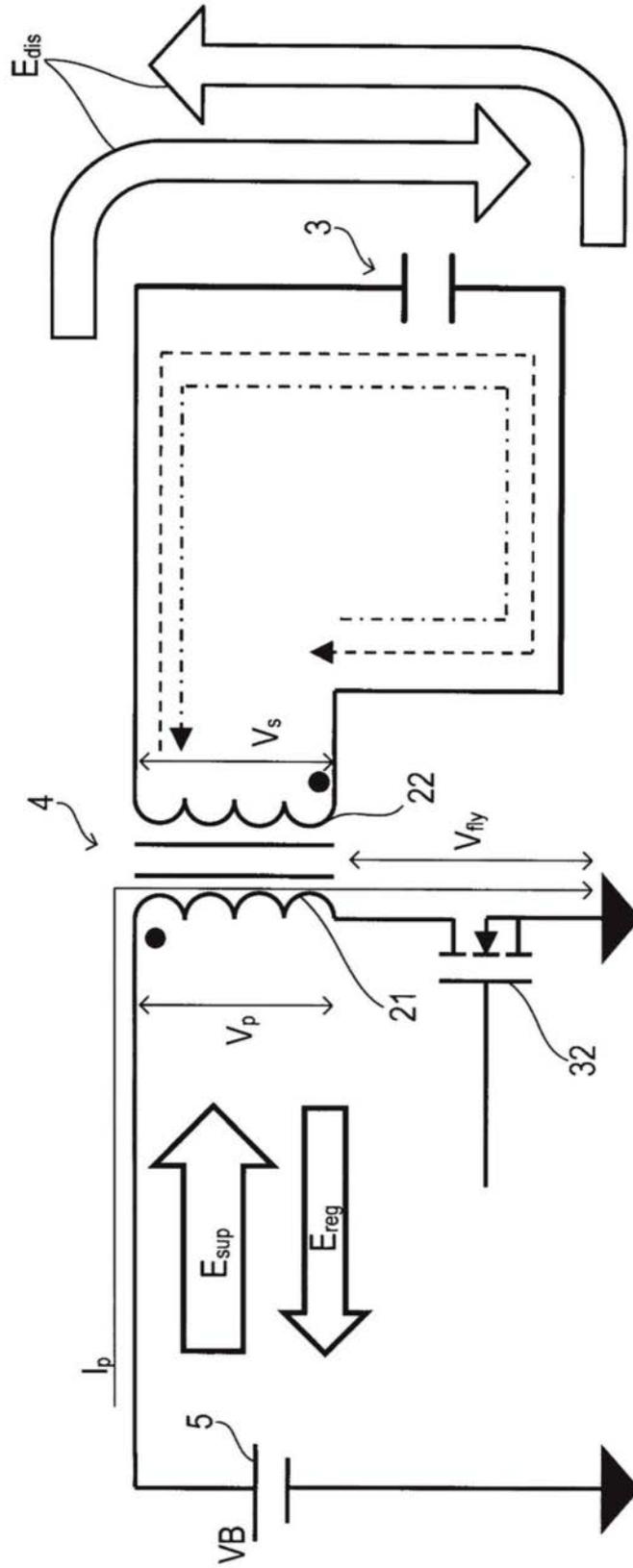


图6

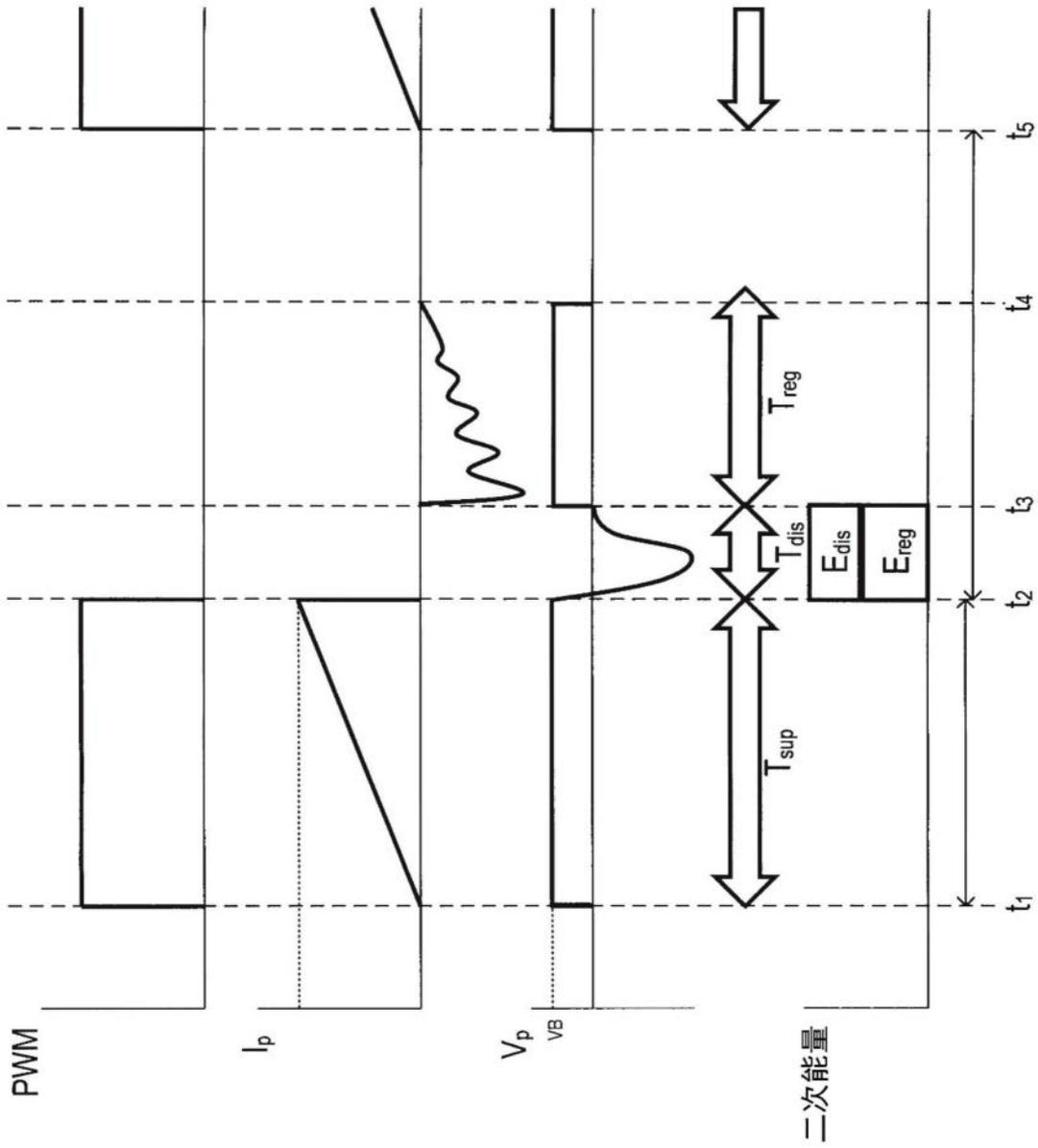


图7

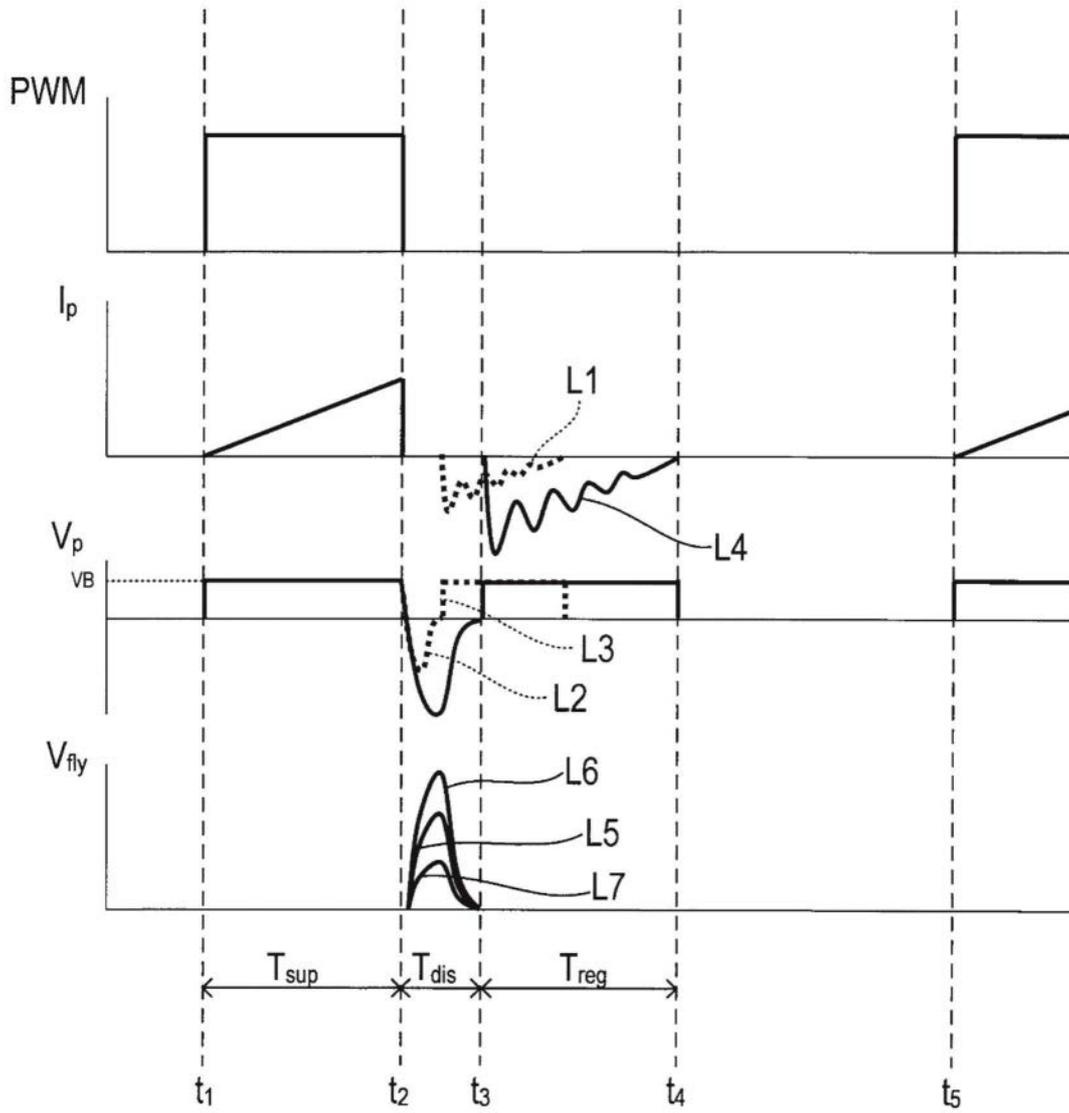


图8

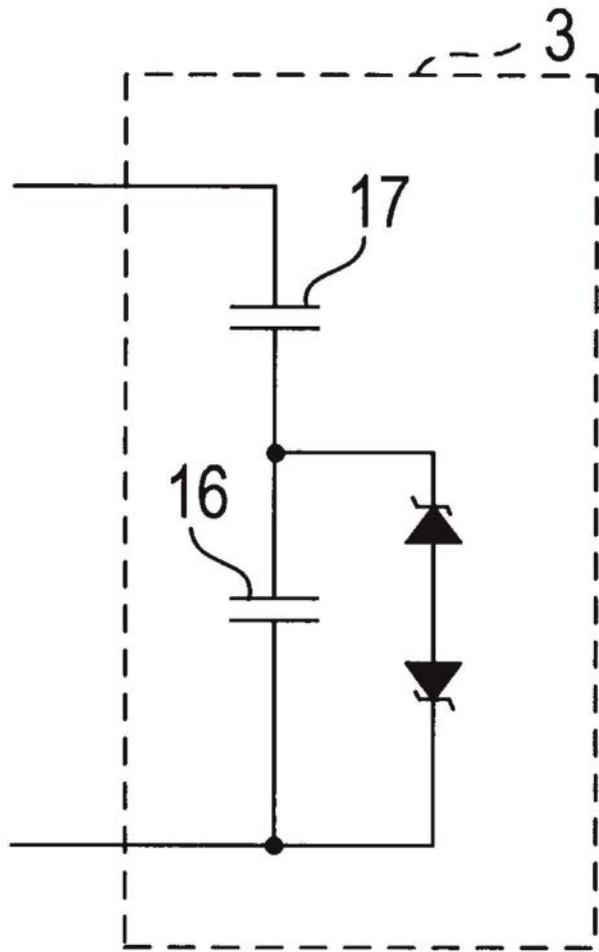


图9

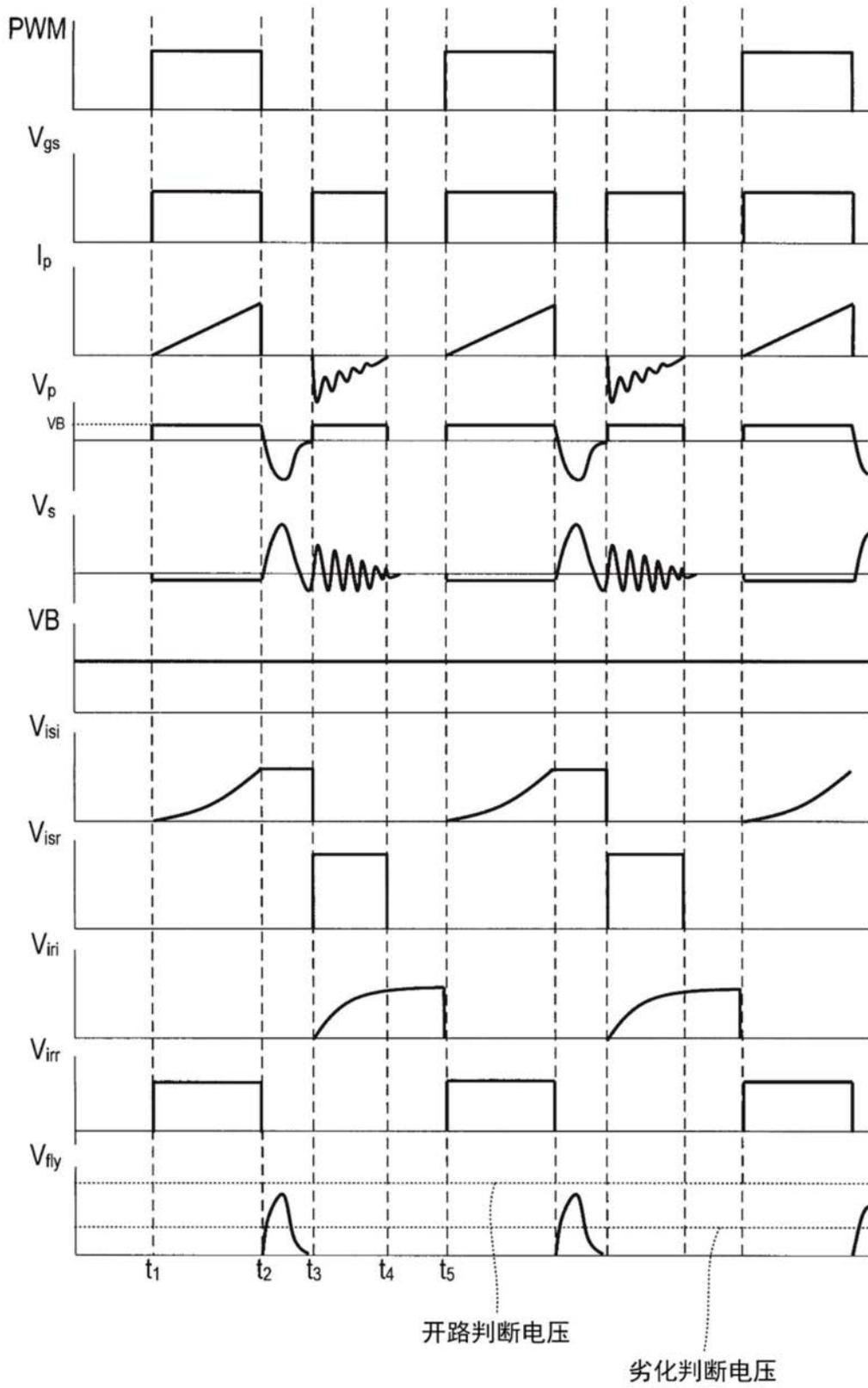


图10