(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105980697 B
(45)授权公告日 2017.07.07

(21)申请号 201480074758.8

(22)申请日 2014.12.12

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105980697 A

(43)申请公布日 2016.09.28

(30)优先权数据
61/915,088 2013.12.12 US
61/931,131 2014.01.24 US
61/950,991 2014.03.11 US
62/072,530 2014.10.30 US
62/090,096 2014.12.10 US
14/568,266 2014.12.12 US
14/568,330 2014.12.12 US
14/568,219 2014.12.12 US
14/568,438 2014.12.12 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.08.02

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2014/069958 2014.12.12

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2015/089371 EN 2015.06.18

(73)专利权人 费德罗-莫格尔点火公司
地址 美国密歇根州

(72)发明人 约翰·安东尼·布伦斯

(74)专利代理机构 北京市君合律师事务所 11517
代理人 吴龙瑛 顾云峰

(51)Int.Cl.
F02P 23/04(2006.01)

(56)对比文件
CN 101351638 A,2009.01.21,
CN 101743395 A,2010.06.16,
US 2010/0282198 A1,2010.11.11,
CN 102804527 A,2012.11.28,

审查员 冯季

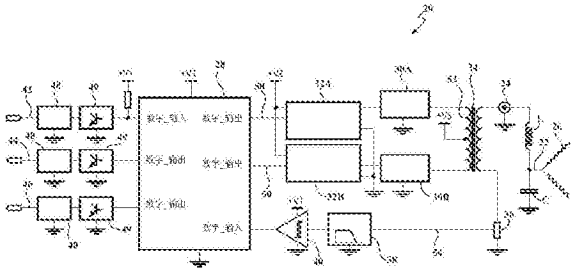
权利要求书5页 说明书9页 附图5页

(54)发明名称

用于电晕点火系统中共振频率探测的方法

(57)摘要

提供了一种在电晕点火器运行的同时探测电晕点火器的共振频率的系统和方法。该方法包括给电晕点火器提供多个能量脉冲，每个能量脉冲具有脉冲持续时间且彼此间隔空载期间，在空载期间，不提供能量给电晕点火器。在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止每个脉冲持续时间，电流的每个零点经过发生在一个空载期间内。响应于电流的零点经过，给电晕点火器提供下一个能量脉冲。基于两个连续周期的脉冲期间和空载期间的求和或者零点经过之间的时间获得共振频率值。共振频率值随着时间变的更加精确，相应地调节驱动频率。



CN 105980697 B

1.一种用于探测电晕点火系统中的电晕点火器的共振频率的方法，其特征在于，包括以下步骤：

在第一脉冲持续时间以正电压给电晕点火器提供第一能量脉冲，使得产生的电流流经所述电晕点火器；

在所述流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第一脉冲持续时间，且在第一空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第一脉冲持续时间所述第一空载期间立刻开始；

探测在所述第一空载期间内流经电晕点火器的电流何时经过零点；

响应于所述电流的零点经过，在第二脉冲持续时间以负电压给电晕点火器提供第二能量脉冲，从而终止所述第一空载期间；

在所述电流经过零点之前终止所述第二脉冲持续时间，且在第二空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第二脉冲持续时间所述第二空载期间立刻开始；

探测在所述第二空载期间内流经电晕点火器的电流何时经过零点；

响应于所述电流的零点经过，以正电压给电晕点火器提供第三能量脉冲，从而终止所述第二空载期间；以及

基于所述第一脉冲持续时间，所述第一空载期间，所述第二脉冲持续时间，和所述第二空载期间的求和获得第一共振频率值。

2.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，包括，当给所述电晕点火器提供能量时，以等于获得的所述第一共振频率值的驱动频率向所述电晕点火器施加能量。

3.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述获得第一共振频率值的步骤包括将所述求和二分，以确定所述共振频率的一半周期的期间。

4.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述正电压使得所述电流在正向流动，所述负电压使得所述电流在负向流动，所述电流在所述第一空载期间内仅经过零点一次，所述电流在所述第二空载期间内仅经过零点一次。

5.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述第二脉冲持续时间比所述第一脉冲持续时间长，所述第二空载期间比所述第一空载期间短。

6.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，包括，基于所述系统的组件的延迟设置所述第一脉冲持续时间，使得所述终止第一脉冲持续时间的步骤发生在所述流经电晕点火器的电流经过零点之前。

7.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，包括，当给所述电晕点火器提供能量时，调节提供给所述电晕点火器的所述能量的驱动频率，以匹配获得的所述第一共振频率值。

8.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，包括，在第三脉冲持续时间给所述电晕点火器提供第三能量脉冲；

在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第三脉冲持续时间，且在第三空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第三脉冲持续时间所述第三空载期间立刻开始；

探测在所述第三空载期间内流经电晕点火器的电流何时经过零点；

响应于所述电流的零点经过，以持续第四脉冲持续时间的负电压给电晕点火器提供第四能量脉冲，从而终止所述第三空载期间；

在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第四脉冲持续时间，且在第四空载期间不给所述电晕点火器提供能量，所述第四空载期间一经终止所述第四脉冲时间立刻开始；

探测在所述第四空载期间内流经电晕点火器的电流何时经过零点；

响应于所述电流的零点经过，以正电压给电晕点火器提供第五能量脉冲，从而终止所述第四空载期间；以及

基于所述第三脉冲持续时间，所述第三空载期间，所述第四脉冲持续时间，和所述第四空载期间的求和获得第二共振频率值。

9.根据权利要求8所述的方法，其特征在于，所述第四脉冲持续期时间比所述第三脉冲持续时间长，所述第四空载期间比所述第三空载期间短。

10.根据权利要求8所述的方法，其特征在于，包括，在所述第五能量脉冲之后给所述电晕点火器提供多个能量脉冲，被提供的每个所述能量脉冲持续一个脉冲持续时间，且每个被提供的所述能量脉冲彼此间隔一个空载期间，在所述空载期间内不给所述电晕点火器提供能量，以及其中，所述脉冲持续时间随着时间延长，所述空载期间随着时间缩短。

11.根据权利要求8所述的方法，其特征在于，当给所述电晕点火器提供能量时以及在所述电晕点火器提供电晕放电时，执行所述获得第一共振频率值和第二共振频率值的步骤。

12.一种用于探测电晕点火系统中的电晕点火器的共振频率的方法，其特征在于，包括以下步骤：

以正电压给电晕点火器提供第一能量脉冲，使得产生的电流流经所述电晕点火器；

在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第一能量脉冲，且在第一空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第一能量脉冲所述第一空载期间立刻开始；

获得第一零点经过期间，其中，所述第一零点经过期间始于所述第一能量脉冲的起点并且终于所述第一零点经过；以及

通过加倍所述第一零点经过期间，获得第一共振频率值。

13.一种用于探测电晕点火系统中的电晕点火器的共振频率的方法，其特征在于，包括以下步骤：

以正电压给电晕点火器提供第一能量脉冲，使得电流流经所述电晕点火器；

在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第一能量脉冲，且在第一空载期间不给所述电晕点火器提供能量，所述第一空载期间一经终止所述第一能量脉冲立刻开始；

获得第一零点经过期间，其中，所述第一零点经过期间始于所述第一能量脉冲的起点、终于所述第一零点经过；

响应于所述电流的第一零点经过，以负电压给电晕点火器提供第二能量脉冲，以终止所述第一空载期间；

在所述电流经过零点之前终止所述第二能量脉冲，且在第二空载期间不给所述电晕点火器提供能量，所述第二空载期间一经终止所述第二能量脉冲立刻开始；

获得第二零点经过期间，其中，所述第二零点经过期间始于所述第一零点经过并且终于所述第二零点经过；以及

基于所述第一零点经过期间和所述第二零点经过期间的求和获得第一共振频率值。

14.一种用于探测电晕点火系统中的电晕点火器的共振频率的系统，其特征在于，包括：

第一开关，所述第一开关在第一脉冲持续时间以正电压给电晕点火器提供来自于电源的第一能量脉冲，使得电流流经所述电晕点火器；

所述第一开关在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第一脉冲持续时间，且在第一空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第一脉冲持续时间所述第一空载期间立刻开始；

频率探测器，所述频率探测器探测在所述第一空载期间内流经电晕点火器的电流何时经过零点，且响应于所述电流的零点经过而发起驱动信号，以给所述电晕点火器提供第二能量脉冲；

第二开关，所述第二开关接收所述驱动信号，在第二脉冲持续时间以负电压给电晕点火器提供来自电源的所述第二能量脉冲，从而终止所述第一空载期间；

所述第二开关在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第二脉冲期间，且在第二空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第二脉冲期间所述第二空载期间立刻开始；

所述频率探测器探测在所述第二空载期间内流经电晕点火器的电流何时经过零点，且响应于所述电流的零点经过而发起驱动信号，以给所述电晕点火器提供第三能量脉冲；

所述第一开关接收所述驱动信号，以正电压给电晕点火器提供来自电源的所述第三能量脉冲，从而终止所述第二空载期间；以及

所述频率探测器基于所述第一脉冲持续时间，所述第一空载期间，所述第二脉冲持续时间，和所述第二空载期间的求和获得第一共振频率值。

15.根据权利要求14所述的系统，其特征在于，所述频率探测器包括电流传感器，所述电流传感器获得流经所述电晕点火器的电流以及确定所述电流的零点经过。

16.根据权利要求15所述的系统，其特征在于，所述频率探测器包括控制器，所述控制器用于从所述电流传感器接收所述探测的电流的零点经过，且基于所述第一脉冲持续时间、所述第一空载期间、所述第二脉冲持续时间、和所述第二空载期间的求和确定所述第一共振频率值。

17.根据权利要求16所述的系统，其特征在于，在给所述电晕点火器提供能量时，所述控制器调节提供给所述电晕点火器的能量的驱动频率，以匹配所述获得的第一共振频率值。

18.根据权利要求16所述的系统，其特征在于，当给所述电晕点火器提供能量时以及当所述电晕点火器提供电晕放电时，执行所述获得第一共振频率值和第二共振频率值的步骤。

19.根据权利要求16所述的系统，其特征在于，所述控制器基于所述系统的组件的延迟设置所述第一脉冲持续时间，从而在流经电晕点火器的电流经过零点之前，所述第一脉冲持续时间终止。

20.根据权利要求14所述的系统，其特征在于，所述第一开关在第三脉冲持续时间给所述电晕点火器提供来自电源的所述第三能量脉冲；

所述第一开关在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第三脉冲持续时间，且

在第三空载期间不给所述电晕点火器提供能量，所述第三空载期间一经终止所述第三脉冲持续时间立即开始；

所述频率探测器探测在所述第三空载期间内流经电晕点火器的电流何时经过零点，且响应于所述电流的零点经过而发起驱动信号，以给所述电晕点火器提供第四能量脉冲；

所述第二开关接收所述驱动信号，在第四脉冲持续时间以负电压给电晕点火器提供来自电源的所述第四能量脉冲，从而终止所述第三空载期间；

所述第二开关在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第四脉冲持续时间，且在第四空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第四脉冲持续时间所述第四空载期间立即开始；

所述频率探测器探测在所述第四空载期间内流经电晕点火器的电流何时经过零点，且响应于所述电流的零点经过而发起驱动信号，以给所述电晕点火器提供第五能量脉冲；

响应于所述电流的零点经过，所述第一开关以正电压给电晕点火器提供第五能量脉冲，从而终止所述第四空载期间；以及

所述频率探测器基于所述第三脉冲持续时间，所述第三空载期间，所述第四脉冲持续时间，和所述第四空载期间的求和获得第二共振频率值。

21.根据权利要求20所述的系统，其特征在于，所述第四脉冲持续时间比所述第三脉冲持续时间长，所述第四空载期间比所述第三空载期间短。

22.根据权利要求20所述的系统，其特征在于，所述开关在所述第五能量脉冲之后给所述电晕点火器提供来自电源的多个能量脉冲，被提供的每个所述能量脉冲持续一个脉冲持续时间，且每个所述能量脉冲彼此间隔一个空载期间，在所述空载期间内不给所述电晕点火器提供能量，所述脉冲持续时间随着时间延长，所述空载期间随着时间缩短。

23.一种用于探测电晕点火系统中的电晕点火器的共振频率的系统，其特征在于，包括，

第一开关，所述第一开关以正电压给电晕点火器提供来自电源的第一能量脉冲，使得电流流经所述电晕点火器；

所述第一开关在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第一能量脉冲，且在第一空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第一能量脉冲所述第一空载期间立刻开始；

频率探测器，通过加倍第一零点经过期间获得第一共振频率值，其中，所述第一零点经过期间始于所述第一能量脉冲的起点并且终于所述第一零点经过。

24.一种用于探测电晕点火系统中的电晕点火器的共振频率的系统，其特征在于，包括，

第一开关，所述第一开关在第一脉冲持续时间以正电压给电晕点火器提供来自于电源的第一能量脉冲，使得电流流经所述电晕点火器；

所述第一开关在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第一脉冲持续时间，且在第一空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第一能量脉冲所述第一空载期间立刻开始；

频率探测器，所述频率探测器探测在所述第一空载期间内流经电晕点火器的电流何时经过零点，且响应于所述电流的第一零点经过而发起驱动信号，以给所述电晕点火器提供

第二能量脉冲；

所述频率探测器获得第一零点经过期间，其中，所述第一零点经过期间始于所述第一能量脉冲的起点并且终于所述第一零点经过；

第二开关，所述第二开关接收所述驱动信号，在第二脉冲持续时间以负电压给电晕点火器提供来自于电源的所述第二能量脉冲，从而终止所述第一空载期间；

所述第二开关在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第二脉冲持续时间，且在第二空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第二能量脉冲所述第二空载期间立刻开始；

所述频率探测器探测在所述第二空载期间内流经电晕点火器的电流何时经过零点；

所述频率探测器获得第二零点经过期间，其中，所述第二零点经过期间始于所述第一零点经过并且终于所述第二零点经过；以及

所述频率探测器基于所述第一零点经过期间和所述第二零点经过期间的求和获得第一共振频率值。

用于电晕点火系统中共振频率探测的方法

[0001] 相关申请的相互引用

[0002] 本申请要求2013年12月12日提交的美国临时申请61/915,088(律师案号710240-6793;IA-50129),2014年1月24日提交的美国临时申请61/931,131(律师案号710240-6830;IA-50134),2014年3月11日提交的美国临时申请61/950,991(律师案号710240-6901;IA-50147),2014年10月30日提交的美国临时申请62/072,530(律师案号710240-7346;IA-51029-1),2014年12月10日提交的美国临时申请62/090,096(律师案号710240-7356;IA-50359),2014年12月12日提交的美国发明专利申请14/568,219(律师案号710240-7404;IA-50129和IA-50129-1),2014年12月12日提交的美国发明专利申请14/568,266(律师案号710240-7409;IA-50147),2014年12月12日提交的美国发明专利申请14/568,330(律师案号710240-7410;IA-50359),以及2014年12月12日提交的美国发明专利申请14/568,438(律师案号710240-7411;IA-50134)的权益。其全部内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本发明大体涉及电晕放电点火系统,更具体地涉及用于控制提供给电晕点火器系统的能量的方法。

背景技术

[0004] 电晕放电点火系统提供交流电压和电流,快速连续地反转高低电位电极,其促进电晕放电的形成且最小化电弧形成的几率。该系统包括电晕点火器,电晕点火器具有加载了高射频电压电位的中心电极,该电极在燃烧室内产生强射频电场。该电场使得燃烧室内燃料和空气混合物的一部分电离且开始介质击穿,促进了油气混合物的燃烧,这称为点火事件。优选地,控制该电场从而燃料和空气混合物保持介质属性且电晕放电发生,也称为低温等离子体。燃料和空气混合物电离的部分形成火焰峰面,该火焰峰面变成自我维持(self-sustaining)且燃烧燃料和空气混合物的剩余部分。优选地,控制电场从而燃料和空气混合物不会失去全部介质属性,失去全部介质属性将产生热等离子体且在电极和接地缸壁、活塞、金属壳或者点火器的其他部分之间产生电弧。电晕放电点火系统的一个例子公开于申请人Freen的美国专利6,883,507。

[0005] 此外,优选地控制电晕放电点火系统,从而以等于或者接近电晕点火器的共振频率的驱动频率给电晕点火器提供能量。由此提供在燃烧室内引起稳健的电晕放电的电压放大。为了获得这样高水平的控制,有必要精确地探测电晕点火器的共振频率。然而,难以获得共振频率的精确探测,尤其是在较宽频率范围内。共振频率在运行过程中的变化,例如电弧事件导致的变化,也使得难以精确探测共振频率。

发明内容

[0006] 本发明的一个方面提供改进的用于在电晕点火系统的电晕点火器运行的同时、探测电晕点火器的共振频率的方法。该方法包括在第一脉冲持续时间以正电压给电晕点火器

提供第一能量脉冲，使得电流流经所述电晕点火器；以及在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第一脉冲持续时间。一经终止所述第一脉冲持续时间第一空载器件立刻发生；且在第一空载期间不给所述电晕点火器提供能量。该方法还包括探测在所述第一空载期间内流经电晕点火器的电流何时经过零点；且响应于所述电流的零点经过，以第二脉冲持续时间的负电压给电晕点火器提供第二能量脉冲，从而终止所述第一空载期间。然后该方法包括：在所述电流经过零点之前终止所述第二脉冲持续时间。一经终止所述第二脉冲持续时间第二空载期间立刻发生，且在该第二空载期间不给所述电晕点火器提供能量。该方法还包括探测在所述第二空载期间内所述流经电晕点火器的电流何时经过零点；且响应于所述电流的零点经过，以正电压给电晕点火器提供第三能量脉冲，从而终止所述第二空载期间。该方法之后包括：基于所述第一脉冲持续时间，所述第一空载期间，所述第二脉冲持续时间，和所述第二空载期间的求和获得第一共振频率值。

[0007] 本发明的另一个方面提供用于探测电晕点火系统的电晕点火器的共振频率的方法，包括以下步骤：以正电压给电晕点火器提供第一能量脉冲，使得生成的电流流经所述电晕点火器；在所述流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第一脉冲，且在第一空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第一能量脉冲所述第一空载期间立刻开始；获得第一零点经过期间，其中，所述第一零点经过期间始于所述第一能量脉冲的起点并且终于所述第一零点经过。该方法还包括通过加倍所述第一零点经过期间，获得第一共振频率值。

[0008] 本发明的另一个方面提供用于探测电晕点火系统的电晕点火器的共振频率的方法，包括以下步骤：以正电压给电晕点火器提供第一能量脉冲，使得生成的电流流经所述电晕点火器；在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第一脉冲，且在第一空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第一能量脉冲所述第一空载期间立刻开始；获得第一零点经过期间，其中，所述第一零点经过期间始于所述第一能量脉冲的起点并且当流经电晕点火器的电流在所述第一空载期间内经过零点时终止。该方法接下来包括：响应于所述电流的第一零点经过，以负电压给电晕点火器提供第二能量脉冲，以终止所述第一空载期间；在所述电流经过零点之前终止所述第二脉冲，且在第二空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第二能量脉冲所述第二空载期间立刻开始；以及获取第二零点经过期间，其中，所述第二零点经过期间始于所述第一零点经过并且当所述流经电晕点火器的电流在所述第二空载期间内经过零点时终止。该方法之后包括：基于所述第一零点经过期间和所述第二零点经过期间的求和获得第一共振频率值。

[0009] 本发明的另一个方面提供用于探测电晕点火器的共振频率的系统。该系统包括第一开关，所述第一开关以第一脉冲持续时间的正电压给电晕点火器提供来自于电源的第一能量脉冲，使得电流流经所述电晕点火器。所述第一开关在所述流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第一脉冲持续时间。在第一空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第一脉冲期间所述第一空载期间立刻发生。频率探测器探测在所述第一空载期间内流经电晕点火器的电流何时经过零点，且响应于所述电流的零点经过而发起驱动信号，以给所述电晕点火器提供第二能量脉冲。第二开关接收所述驱动信号，以第二脉冲持续时间的负电压给电晕点火器提供来自电源的所述第二能量脉冲，从而终止所述第一空载期间。所述第二开关在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第二脉冲期间。在第二

空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第二脉冲期间所述第二空载期间立刻发生。所述频率探测器探测在所述第二空载期间内流经电晕点火器的电流何时经过零点，且响应于所述电流的零点经过而发起驱动信号，以给所述电晕点火器提供第三能量脉冲。所述第一开关接收所述驱动信号，以正电压给电晕点火器提供来自电源的所述第三能量脉冲，从而终止所述第二空载期间。所述频率探测器基于所述第一脉冲持续时间，所述第一空载期间，所述第二脉冲持续时间，和所述第二空载期间的求和获得第一共振频率值。

[0010] 本发明的又一个方面提供一种用于探测电晕点火系统的电晕点火器的共振频率的系统，包括第一开关和频率探测器。第一开关以正电压给电晕点火器提供来自电源的第一能量脉冲，使得电流流经所述电晕点火器。之后所述第一开关在所述流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第一能量脉冲，且在第一空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第一能量脉冲所述第一空载期间立刻发生。频率探测器通过加倍第一零点经过期间，获得第一共振频率值，其中，所述第一零点经过期间始于所述第一能量脉冲的起点，终于所述第一零点经过。

[0011] 本发明的又一个方面提供一种用于探测电晕点火系统的电晕点火器的共振频率的系统，包括第一开关，第二开关和频率探测器。第一开关以正电压给电晕点火器提供第一能量脉冲，使得电流流经所述电晕点火器。所述第一开关在流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第一脉冲持续时间，且在第一空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第一能量脉冲所述第一空载期间立刻发生。频率探测器探测在所述第一空载期间内流经电晕点火器的电流何时经过零点，且响应于所述电流的零点经过而发起驱动信号，以给所述电晕点火器提供第二能量脉冲。所述频率探测器获得第一零点经过期间，其中，所述第一零点经过期间始于所述第一能量脉冲的起点并且终于所述第一零点经过。第二开关接收所述驱动信号，以负电压给电晕点火器提供来自电源的所述第二能量脉冲，从而终止所述第一空载期间。所述第二开关在所述流经电晕点火器的电流经过零点之前终止所述第二脉冲持续时间，且在第二空载期间不给所述电晕点火器提供能量，一经终止所述第二能量脉冲所述第二空载期间立刻发生。所述频率探测器探测在所述第二空载期间内流经电晕点火器的电流何时经过零点。所述频率探测器获得第二零点经过期间，其中，所述第二零点经过期间始于所述第一零点经过并且终于所述第二零点经过。所述频率探测器基于所述第一零点经过期间和所述第二零点经过期间的求和获得第一共振频率值。

[0012] 该系统和方法提供许多优点。首先，获得的共振频率值随着时间变得更加精确，等于或者接近于电晕点火器的实际共振频率。此外，在提供能量给电晕点火器时、更典型地、在电晕点火器提供电晕放电时，获得共振频率值。因此，无需额外的电源阶段或者测量周期。此外，可以在电晕点火器运行时、或者在将来的电晕事件之前，例如响应于电弧事件引起的变化或者其他条件，即时调节提供给电晕点火器的能量的驱动频率，以匹配探测的共振频率值。

附图说明

[0013] 通过参考下文的详细描述结合附图，本发明的其他优点将易于理解：

[0014] 图1是根据本发明的第一示例性实施例的电晕放电点火系统的框图；

[0015] 图2是根据本发明的第二示例性实施例的电晕放电点火系统的框图；

[0016] 图3是根据本发明的第三示例性实施例的电晕放电点火系统的框图；

[0017] 图4示出在一个电晕事件起点的、流经电晕点火器的电流以及提供给电晕点火器的电压的示意图；

[0018] 图5示出在图4的电晕事件的20个周期之后，流经电晕点火器的电流和提供给电晕点火器的电压。

具体实施方式

[0019] 本发明提供改进的系统20和方法，所述系统20和方法用于在电晕点火器22运行的同时探测电晕点火器22的共振频率。使用该方法获得的共振频率值等于或者非常近似于电晕点火器22的实际共振频率。在提供能量给电晕点火器22时、以及在电晕点火器22提供电晕放电26时，能够调节提供给电晕点火器22的能量的驱动频率，以匹配所探测的共振频率。此外，可以基于探测的共振频率值、在电晕点火器22运行时，例如响应于电弧事件引起的变化或者其他条件，对驱动频率进行即时调节。

[0020] 图1-3示出了能够实现改进的共振频率探测的系统20的示例性实施例。相关美国专利申请14/568219，14/568330，和14/568438也描述了这些系统20，这些申请通过引用并入本文。在每个实施例中，系统20包括耦接到电感线圈L的电晕点火器22，其一起称为运行在共振频率的载荷。在本文中，共振频率指代“电晕点火器22的共振频率”。电晕点火器22接收位于驱动频率和电位的能量，使得电流流过电晕点火器22。可以在电晕点火器22的输出24测量电流和电压。在内部燃烧室内运行过程中，电晕点火器22优选地在点火端，即指电晕放电26，形成高射频电场，以点燃引擎的燃烧室中的汽油和空气的混合物。

[0021] 系统20还包括控制器28和一对开关30A、30B，一对开关30A、30B控制提供给电晕点火器22的驱动频率、以及系统20的电容/电感电路，从而驱动频率保持在或者接近于电晕点火器22的共振频率。运行系统20使得驱动频率等于共振频率，其提供电压放大导致在燃烧室内的电晕稳健(robust)。

[0022] 示例性实施例的控制器28在预定的时刻启动开关30A和30B中的一个，从而获得所需的驱动频率。当开关30A和30B中的一个开启时，能量从电源V3流经启动的开关30A或30B，流至电晕点火器22。当开关30A、30B没有开启，能量不能流向电晕点火器22。开关30A被称为第一开关，开关30B被称为第二开关，然而开关30B可以可选择地被称为第一开关，开关30A可以可选择地被称为第二开关。在每个情形中，在电晕点火系统20运行中的任何给定时间，只有开关30A和30B中的一个是开启的，且提供能量给电晕点火器22。因此，控制器28在启动第二开关30B前停用第一开关30A，反之亦然，从而开关30A、30B不同时开启。优选地，开关30A、30B的启动与电晕点火器22的共振频率同步。例如，在一个实施例中，当输出24处的电流为正时，第一开关30A开启且提供能量给电晕点火器22，当输出24处的电流为负时，第二开关30B开启且提供能量给电晕点火器22。系统20还包括频率探测器，频率探测器用于探测电晕点火器22的共振频率。频率探测器典型地提供多个共同工作的组件的结合，例如与电流传感器36、或者系统20的其他组件结合工作的控制器28。

[0023] 探测共振频率的方法与在内部燃烧引擎中的电晕点火器22运行的同时被执行。如此，在提供能量给电晕点火器22时、典型地当电晕点火器22提供电晕放电26时，该方法被执行。然而，该方法也可以以降低的占空比执行，其中提供给电晕点火器22的能量在低电位，

从而不产生电晕放电26。该方法也可以在降低的占空比执行，占空比随着时间增加。

[0024] 图4和5提供在实施本发明的方法时、提供给电晕点火器22的电压以及流经电晕点火器22的电流的实施例。图4示出在电晕事件开始的电流和电压，图5示出在相同电晕事件的20个循环之后的电流和电压。“电晕事件”是提供能量给电晕点火器22且电晕点火器22提供电晕放电26的时间期间。如后文将进一步讨论的，这些电流和电压水平用于探测电晕点火器22的共振频率。

[0025] 大体上，该方法包括应用第一开关30A，所述第一开关30A从例如V3的电源提供第一能量脉冲给电晕点火器22。在第一脉冲持续时间101以正电压，第一能量脉冲被提供，使得正电流流经电晕点火器22。如图4所示，然后，第一开关30A在流经电晕点火器22的电流经过零点之前终止第一脉冲持续时间101。控制器28典型地基于系统20的组件的延迟而设置第一脉冲持续时间101的长度，从而第一脉冲持续时间101在流经电晕点火器22的电流经过零点之前终止。

[0026] 一经终止第一脉冲持续时间101，第一空载期间201立即开始。如图4所示，在第一空载期间201内，不给电晕点火器22提供任何来自能量源V3或者其他类型能量源的能量，且在第一空载期间201内，电压电位为零。由于在第一空载期间201内能量被关闭，没有由开关导致的电晕电路的噪音相关的问题。

[0027] 在第一空载期间201，频率探测器，例如控制器28和电流传感器36的结合，探测何时流经电晕点火器22的电流经过零点。在第一空载期间201，电流仅经过零点一次。在一个实施例中，电流传感器36从输出24获得流经电晕点火器22的电流，且确定电流的零点经过。该零点经过测量典型地以输出信号54从电流传感器36传输给控制器28。

[0028] 控制器28接收输出信号54，且响应于电流的零点经过，控制器28发起驱动信号50，以提供第二能量脉冲给电晕点火器22。第二开关30B接收驱动信号50，且在第二脉冲期间102、以负电压提供来自电源V3的第二能量脉冲给电晕点火器22，以终止第一空载期间201。如图4所示，第二开关30B在流经电晕点火器22的负电流经过零点之前终止第二脉冲持续时间102。控制器28也可以基于系统20的元件的延迟而设置第二脉冲持续时间102的长度，从而第二脉冲持续时间102在流经电晕点火器22的电流经过零点之前终止。

[0029] 一经终止第二脉冲期间102，第二空载期间202立即开始。如图4所示，在第二空载期间202内，不给电晕点火器22提供任何来自电源V3或者其他类型能量源的能量，且在第二空载期间202内，电压电位为零。第二脉冲持续时间102比第一脉冲持续时间101长，第二空载期间202比第一空载期间201短。

[0030] 在第二空载期间202，如同在第一空载期间201一样的模式，频率探测器再次探测流经电晕点火器22的电流何时经过零点。电流在第二空载期间202仅经过零点一次。响应于电流的零点经过，频率探测器，典型地控制器28，发起另一个驱动信号50，以提供第三能量脉冲给电晕点火器22。第一开关30A接收驱动信号50，且以正电压给电晕点火器22提供来自电源V3的第三能量脉冲，以终止第二空载期间202。

[0031] 在第二空载期间202之后，频率探测器基于第一脉冲持续时间101，第一空载期间201，第二脉冲持续时间102和第二空载期间202的求和获得第一共振频率值。典型地，控制器28从系统的其他组件接收关于电流和电压的信息，之后使用该信息来确定脉冲持续时间101、102以及空载期间201、202。控制器28之后使用这些期间101、102、201、202的求和来确

定第一共振频率值。可以使用多种不同的方法来确定基于该求和的第一共振频率值，例如由控制器28的软件执行的算法。例如，获得第一共振频率值的步骤可以包括二等分该求和，以确定该共振频率的一半周期的期间。如上文指出的，可以在电晕事件中，即当提供能量给电晕点火器22时，进行由控制器28执行的信息收集和评估、以获得第一共振频率值。

[0032] 在另一个实施例中，频率探测器，例如电流传感器36和控制器28，通过获得相邻的零点经过之间的时间来确定第一共振频率值，该时间可以包括第一能量脉冲的起点和第一零点经过之间的时间、或者两个连续的零点经过之间的时间。例如，控制器28可以通过加倍第一零点经过期间X1来获得第一共振频率值。如图4所示，第一零点经过期间X1适于能量脉冲的起点，终于第一零点经过。第一零点经过可以是如图4所示的起点，也可以是两个之后的零点经过之间的时刻。

[0033] 控制器28可选地可以获得基于三个连续的零点经过之间的时间的第一共振频率值，该三个连续的零点经过可以是图4所示的首先的三个连续的零点经过，或者三个之后的零点经过。在本实施例中，控制器28获得第一零点经过期间X1和第二零点经过期间X2，其中第二零点经过期间X2始于第一零点经过且终于第二零点经过。控制器28获得基于第一零点经过期间X1和第二零点经过期间X2的求和的第一共振频率值。

[0034] 在获得第一共振频率值之后，控制器28可以将提供给电晕点火器22的能量的驱动频率调节成等于所获得的第一共振频率值，其与电晕点火器22的运行同时发生。控制器28典型地指令开关30A、30B提供来自电源V3的、具有第一共振频率值的能量给电晕点火器22，同时电晕点火器22继续提供电晕放电26。确定第一共振频率值和调节驱动频率以匹配获得的第一共振频率值都可以发生在同一个电晕事件中。

[0035] 如图4和5所示，以上步骤典型地重复几个周期或者时间段，以获得额外的共振频率值，其中获得每个连续的共振频率值比之前获得的值更接近电晕点火器22的实际共振频率。典型地，如图4所示，在每个电晕事件的起点，使用降低的占空比，且选择脉冲持续时间，使得能过精确地探测预先测定范围的频率。如图4和5所示，在整个探测共振频率值的过程中，脉冲持续时间增加，而空载期间降低，直到获得最大的脉冲持续时间。当获得最大脉冲持续时间时，电晕点火器22的实际共振频率值被充分识别。

[0036] 例如，该方法可以包括：使用第一开关30A，在第三脉冲持续时间103提供来自电源V3的第三能量脉冲给电晕点火器22，第三脉冲持续时间103比第二脉冲持续时间102长；在流经电晕点火器22的电流经过零点之前终止第三脉冲持续时间103。在第三空载期间203不提供能量给电晕点火器22，一经终止第三脉冲持续时间103，第三空载期间203立刻开始。第三空载期间203比第二空载期间202短。

[0037] 然后频率探测器探测在第三空载期间203流经电晕点火器22的电流何时经过零点。响应于电流的零点经过，第二开关30B在第四脉冲持续时间104、以负电压提供第四能量脉冲给电晕点火器22，以终止第三空载期间203。在流经电晕点火器22的电流经过零点之前终止第四脉冲持续时间104。在第四空载期间204不提供能量给电晕点火器22，一经终止第四脉冲持续时间104第四空载期间204立刻开始。

[0038] 接着，频率探测器探测在第四空载期间204内流经电晕点火器22的电流何时经过零点，且响应于电流的零点经过、在第五脉冲持续时间105、以正电压提供第五能量脉冲给电晕点火器22，以终止第四空载期间204。第四脉冲持续时间104比第三脉冲持续时间103

长，第四空载期间204比第三空载期间203短。

[0039] 与获得第一共振频率值相同的方式，然后频率探测器基于第三脉冲持续时间103、第三空载期间203、第四脉冲持续时间104、第四空载期间204的求和获得第二共振频率值。探测的共振频率值随着时间变的更精确，因此获得的第二共振频率值典型地比第一共振频率值更接近电晕点火器22的实际共振频率。

[0040] 如图4和5所示，该方法典型地以相同方式继续，优选地直到探测到电晕点火器22的实际共振频率，或者非常接近。在第五能量脉冲以后，可以提供给电晕点火器22多个额外的能量脉冲，其中每个额外的能量脉冲与下一个脉冲间隔一个空载期间，在该空载期间不提供能量给电晕点火器22。脉冲持续时间随着时间持续增加，空载期间随着时间持续降低。

[0041] 以与获得第一和第二共振频率值相同的方式，探测且评估零点经过和脉冲持续时间，以获得额外的共振频率值。可以在电晕点火器22的运行同时，当提供能量给电晕点火器22的同时，获得的额外的共振频率值被执行。在电晕点火器22的运行的同时，控制器28也可以继续调节驱动频率以匹配获得的共振频率值，以继续提高系统20的性能。或者，在共振频率探测过程的终点获得的最后的共振频率值，具体地，基于最后两个脉冲持续时间和最后两个空载期间的值，可以作为将来的电晕事件的起始驱动频率，或者作为将来的电晕事件中的驱动频率。

[0042] 除了精确地探测电晕点火器22的共振频率，该系统也能够对驱动频率进行即时调节，例如响应于共振频率的变化，从而保持驱动频率等于或者接近于电晕点火器22的实际共振频率。该系统20也能够有效地跟踪和响应于电弧事件引起的共振频率变化。快速获得共振频率和快速实时调节驱动频率使得保持所能达到的最佳性能成为可能。还应当注意，相关美国专利申请14/568219、14/568330和14/568438中描述了可以应用于本文所述系统中的共振频率控制的其他方法，这些专利申请通过引用并入本文。每个申请列出与本申请相同的发明人且与本申请同日提交。

[0043] 图1是根据第一示例性实施例的电晕放电点火系统20的框图，其能够实施本发明的同时地共振频率探测的方法，能够在电晕点火器22的运行中、快速地响应于共振频率变化和电弧事件，从而保持驱动频率等于或者近似等于共振频率。除了以上描述的控制器28、开关30A、30B、电晕点火器22、电感线圈L和电流传感器36，系统20还包括一对驱动器32A、32B，称为第一驱动器32A和第二驱动器32B。图1的系统20还包括变压器34，第一低通滤波器38以及第一信号调节器40。在输出24探测提供给电晕点火器22的电压和流经电晕点火器22的电流。

[0044] 系统20通过控制器28控制，其优选地是一个可编程数字或者混合信号控制器，例如数字信号处理器(DSP)，复杂可编程逻辑器件(CPLD)，现场可编程门阵列(FPGA)，微控制器，或者微处理器。控制器28接收触发输入信号42，该信号命令控制器28发起在燃烧室内的电晕放电26的产生。控制器28也提供电弧探测输出信号44，以通知外部控制系统(未示出)探测到电弧事件，且提供反馈输出信号46、用于给外部控制系统提供关于电路的状况和运行的额外数据。传输给和传输自控制器28的触发输入信号42、电弧探测输出信号44和反馈输出信号46被电磁兼容性滤波器，指代为EMC滤波器48，以及其他输入滤波器49滤波。响应于触发输入信号42，控制器28提供驱动信号50给驱动器32A、32B，其控制开关30A、30B。当开关30A、30B中的一个开启时，电源V3，其是一个DC电压，被施加到变压器34的初级绕组52。变

压器34随后通过输出24提供具有驱动频率的能量至电晕点火器22。在示例性实施例中，变压器34具有各领域所知的“推挽(push-pull)”结构。

[0045] 在图1的系统20中，第一电流传感器36在输出24测量流经电晕点火器22的电流(输出电流)。第一电流传感器36也可以在输出24收集关于在输出24提供给电晕点火器22的电压的信息，例如脉冲持续时间101、102、103、104和空载期间201、202、203、204的长度。电流传感器36可以是例如分流电阻，霍尔效应传感器，或者变流器。电流传感器36识别在每一空载期间201、202、203、204内的电流的零点经过，且发送包含该信息的输出信号54至控制器28。第一电流传感器36可以使用多种不同的技术用于识别零点经过。电流传感器也可以确定脉冲持续时间101、102、103、104的长度和空载期间201、202、203、204的长度，且在输出信号54中发送这些信息。

[0046] 优选地，输出信号54在被传输给控制器28之前被第一低通滤波器38轻度滤波。第一低通滤波器38在输出信号54中制造小于电流的振荡周期的相位偏移。在一个实施例中，相位偏移为180度，但优选地，相位偏移小于180度，更优选地，相位偏移小于90度，其小于一半周期。第一低通滤波器38也去除由开关高电流和电压产生的不想要的高频噪声。然后滤波过的输出信号54被传送给信号调节器40，其使得输出信号54对于传输给控制器28而言是安全的。因此，输出信号54处于能够被控制器28安全地处理的电平。输出信号54典型地在每个零点经过之后被提供给控制器28。

[0047] 控制器28接收带有被第一电流传感器36获得的电流和电压信息的输出信号54，且使用该信息用于发起开关30A、30B的正确时机。第一脉冲持续时间101的长度由控制器28在电晕事件之前预先确定，但是第一空载期间201不是预先确定的。因此，控制器28通过输出信号54监控流经电晕点火器22的电流的零点经过。该零点经过探测优选地是考虑了测量电流中的延迟、第一低通滤波器38的延迟、和其他模拟或者数字电路元件的延迟，而被校正过的。一旦识别电流的零点经过，控制器28通过启动开关30A、30B的一个，马上终止第一空载期间201。

[0048] 控制器28也使用包含在输出信号54中的信息，用于在电晕点火器22的运行同时、识别电晕点火器22的共振频率。如以上论述的，控制器28可以使用多种不同的技术以识别基于脉冲持续时间101、102、103、104和空载期间201、202、203、204的求和的共振频率值。一旦获得了共振频率值，控制器28在正确的时机启动开关30A、30B，从而驱动频率等于该共振频率值。

[0049] 在示例性实施例中，一旦控制器28确定所需的第一开关30A和第二开关30B的时机，控制器28在所需的时机指令第一驱动器32A启动第一开关30A或者指令第二驱动器32B启动第二开关30B。驱动器32A、32B在预先确定的时机被命令以启动开关30A、30B，从而传输经过开关30A、30B至变压器34且最后至电晕点火器22的能量的驱动频率等于控制器28获得的电晕点火器22的共振频率值。在电晕点火器22运行的同时，控制器28也可以在需要时调节开关30A、30B的时机，例如响应于系统20中的条件的变化。

[0050] 图2是根据本发明的第二示例性实施例的电晕放电26点火系统20的框图，其运行类似于图1的系统20，但是包括几个额外的特征。一个额外的特征是，系统20的多个功能块包括控制系统接地56，电源系统接地58，以及载荷接地60，它们彼此分离。该技术用于提高EMI和/或电磁兼容性(EMC)。控制系统接地56通过电流隔离62(galvanic isolation)与电

源系统地58隔离。变压器34隔离电源系统地58和载荷接地60，该隔离必须保持在第一电流传感器36和控制器28之间。可以通过在第一低通滤波器38或者第一信号调节器40处增加电流隔离62来获得电源系统接地58和载荷接地60之间的隔离。或者，可以通过以差分模式运行第一低通滤波器38或者第一信号调节器40、其中仅可忽略的电流流过该器件，从而获得电源系统接地58和载荷接地60之间的隔离。在图2的系统20中，只有第一信号调节器40以差分模式运行，以隔离电源系统接地58和载荷接地60。一个或者多个这些方法可以被应用。

[0051] 图2的系统20的另一个额外的特征是，在变压器34的初级侧的用于测量第二开关30B中的电流幅度的第二电流传感器64。具体地，第二电流传感器64在第二开关30B的输出处测量电流。或者，在每个开关30A、30B处都可以有第二电流传感器64。第二电流传感器64提供额外的反馈信号55给控制器28，给出有价值的诊断信息，这通过仅第一电流传感器36的相位测量是不可能实现的。例如，通过测量在开关30A、30B输出处的电流，可能探测负载电路断路或者短路。此外，图2的系统20包括第二低通滤波器66，第二低通滤波器66位于电流传感器和控制器28之间，用于在提供反馈信号55给控制器28之前，对电流输出信号54轻度滤波。

[0052] 图3是根据本发明的第三示例性实施例的电晕放电26点火系统20的框图。图3的系统20也包括电流隔离62，但是在该实施例中，电流隔离62位于控制器28的能量输入侧以及能量输出侧，且完全分离三个接地56、58、60。如果电流被设计成使用较少的接地运行，可以省略由电流隔离62提供的一个或者两个屏障。

[0053] 图3的系统20还包括另一个绕组，指代为电压反馈绕组68。电压反馈绕组68提供的电压反映在电晕点火器22的输出24的电压。电压传感器78优选地位于电压反馈绕组68的输出，以测量该电压。然后包含输出电压的输出信号80被经由第二低通滤波器66传送给控制器28。第二低通滤波器66在提供输出信号80给控制器28之前，轻度滤波电压输出信号80。控制器28能够根据包含在输出信号80中的信息来确定脉冲持续时间101、102、103、104的长度，以及空载期间201、202、203、204的长度。此外，不像图1和2的系统20，控制信号72被提供给图3的控制器28。控制信号72可以包括有关电晕点火器22的运行的任何信息，例如是否发生了电弧或者所需的电压。

[0054] 图1-3中示出的示例性系统20的特征，以及在相关申请中示出的特征，除了本文所具体描述的结合，可以做多种结合使用。然而，系统20应当能够使用在其共振频率或接近其共振频率的AC信号来驱动电压点火器22；使能或者禁用该AC驱动信号；独立于提供给电晕点火器22的电压的频率、调节提供给电晕点火器22的电压的占空比。

[0055] 本发明的系统20和方法提供相对于相当的系统的多个优点。如以上论述的，该系统和方法可以在电晕点火器22运行的同时、探测等于或者非常接近于电晕点火器22的实际共振频率的共振频率值。可以在每个周期后进行共振频率的完整测量，可以评估该测量，且基于每个周期使用该测量。也可以在多个周期上进行测量，以提高探测的共振频率值的准确度。可以进行驱动频率的即时调节，以保持驱动频率等于或者接近于电晕点火器22的实际共振频率，由此保持稳健的电晕放电26。

[0056] 显然，根据以上教导，对本发明的多个更改例和变化例是可能的，并且可以以不同于具体描述的方式实施本发明，其位于权利要求的范围内。

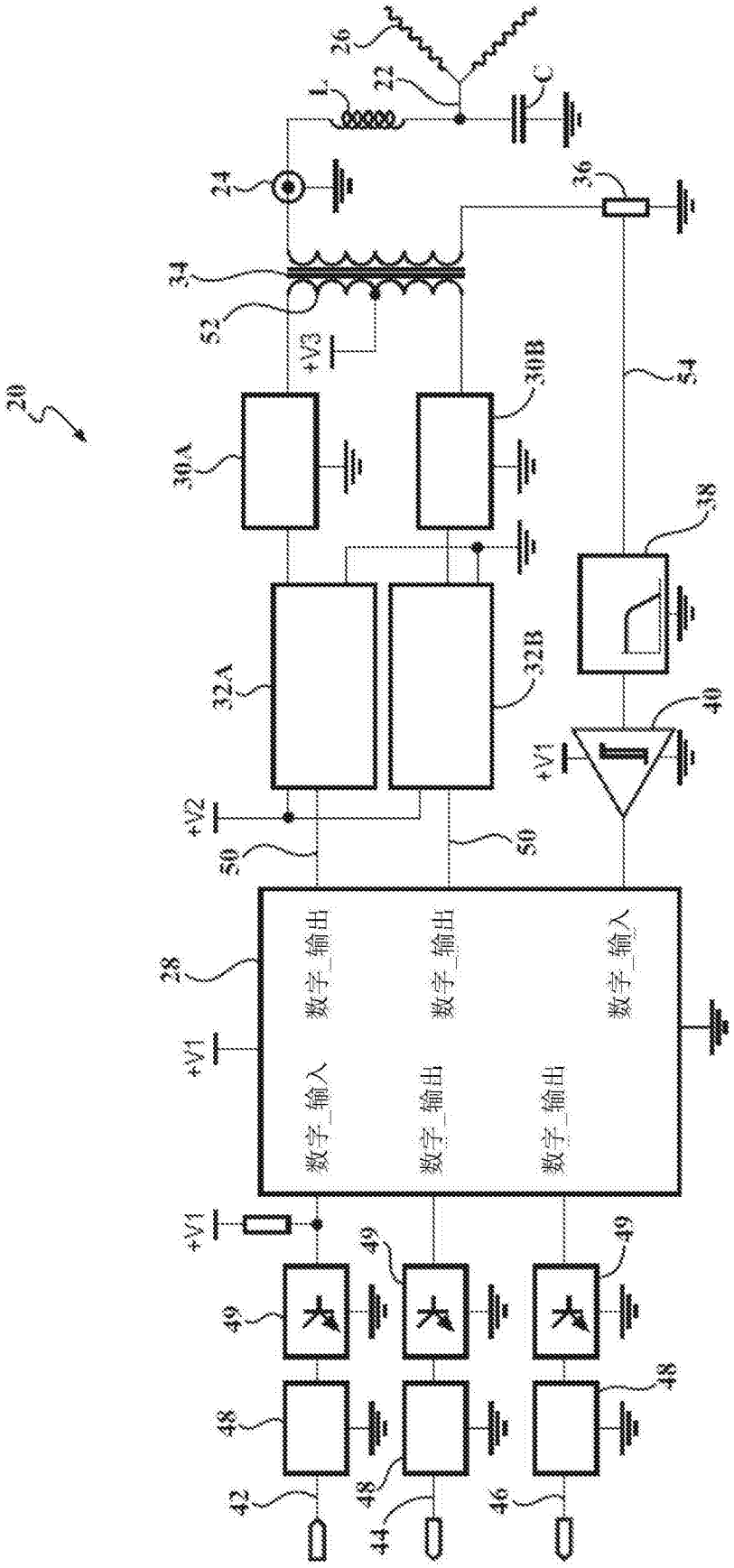

20
26
L
22
C
24
36
34
52
+V3
30B
30A
54
38
32A
32B
40
+V3
+V2
50
50
28
数字_输出
数字_输出
数字_输入
+V1
数字_输入
数字_输出
数字_输出
+V1
49
49
49
48
48
48
42
48
44
46

图1

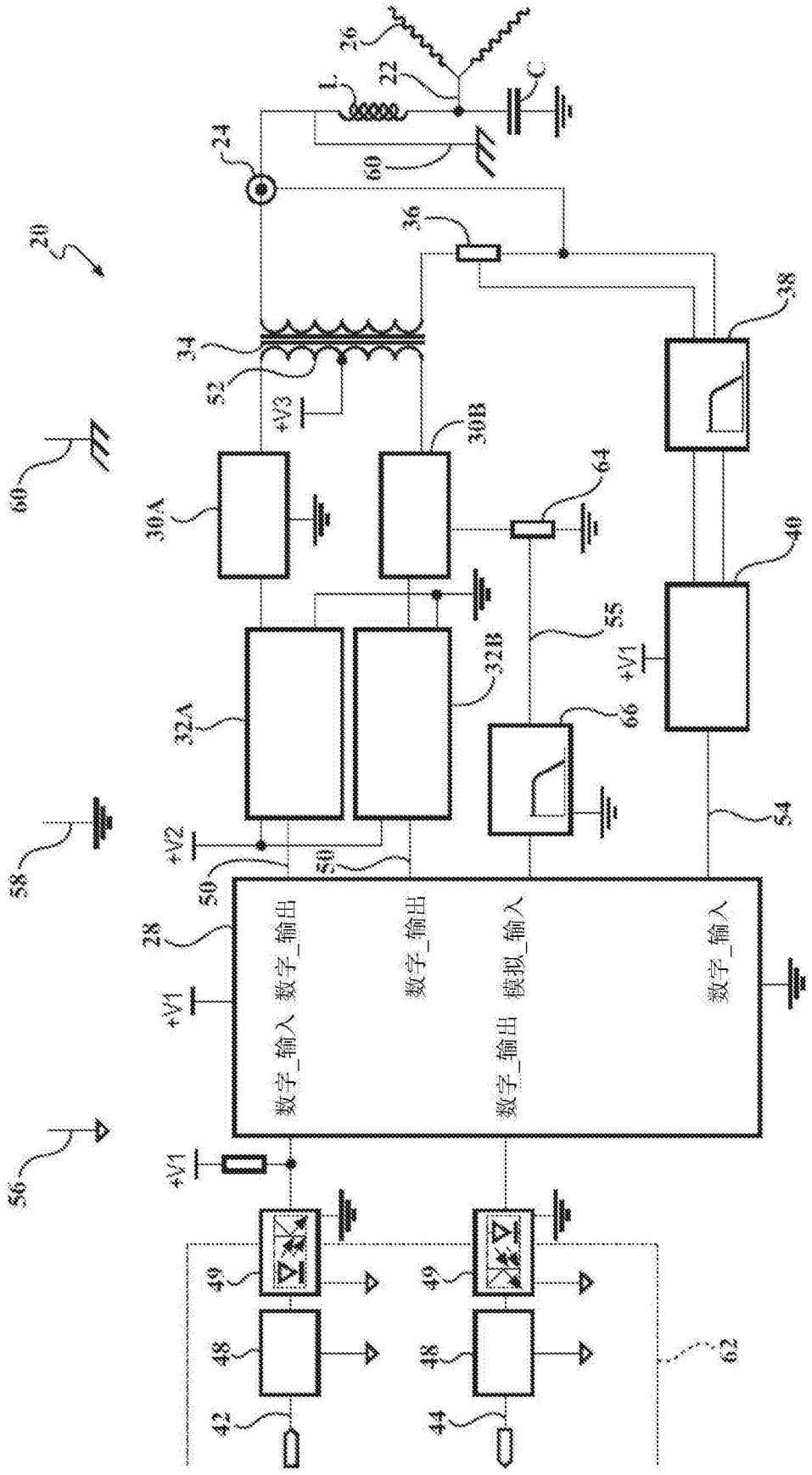

数字_输入
数字_输出
数字_输出
模拟_输入
数字_输入
+V1
+V2
+V3
20
22
24
26
28
30A
30B
32A
32B
34
36
38
40
42
44
46
48
49
50
52
54
55
56
58
60
62
64
66

图2

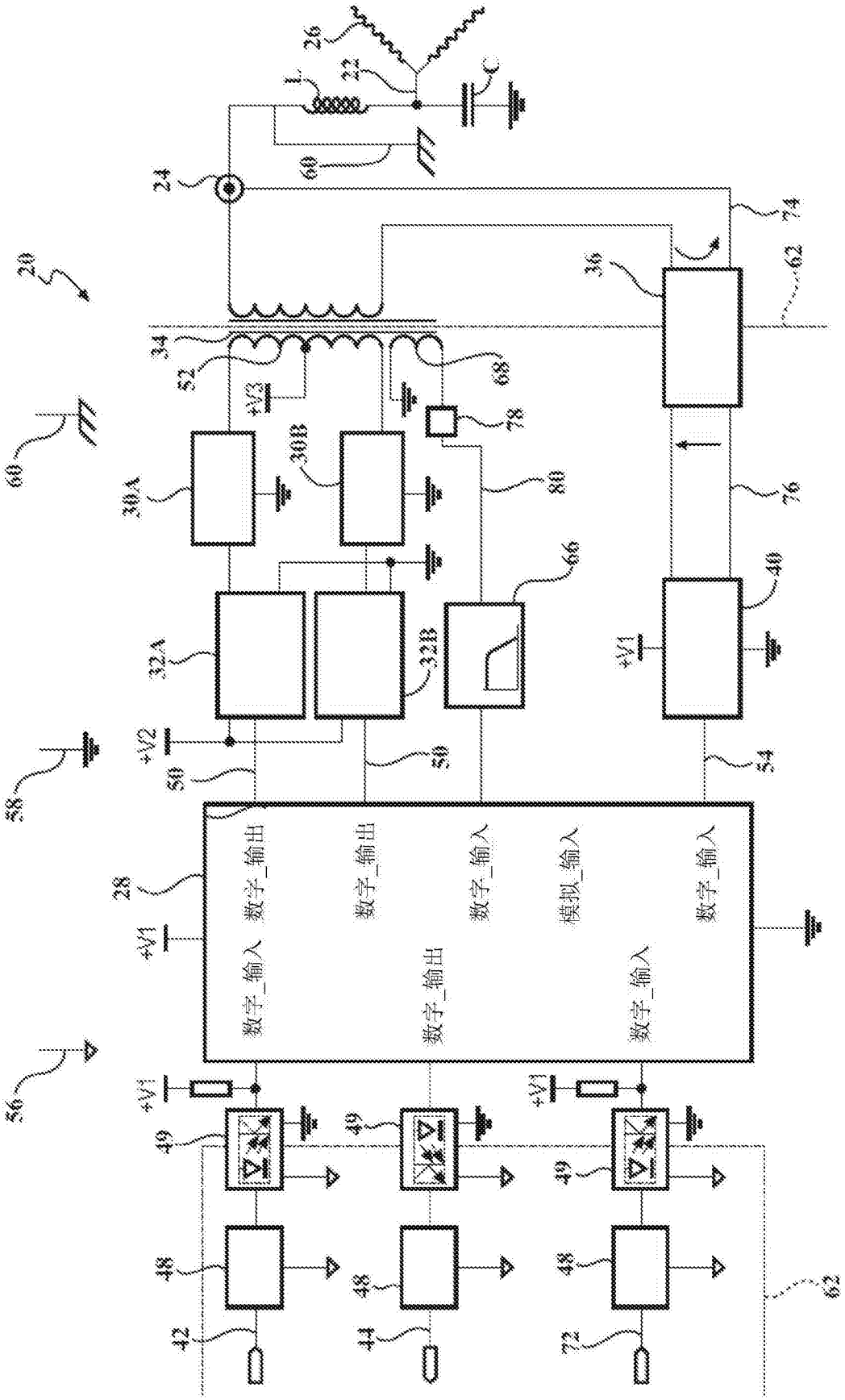

数字_输入
数字_输出
数字_输出
数字_输入
模拟_输入
数字_输入
数字_输出
数字_输入
+V1
+V2
+V3
20
22
24
26
28
30A
30B
32A
32B
34
36
38
40
42
44
46
48
49
50
52
54
56
58
60
62
66
68
72
74
76
78
80

图3

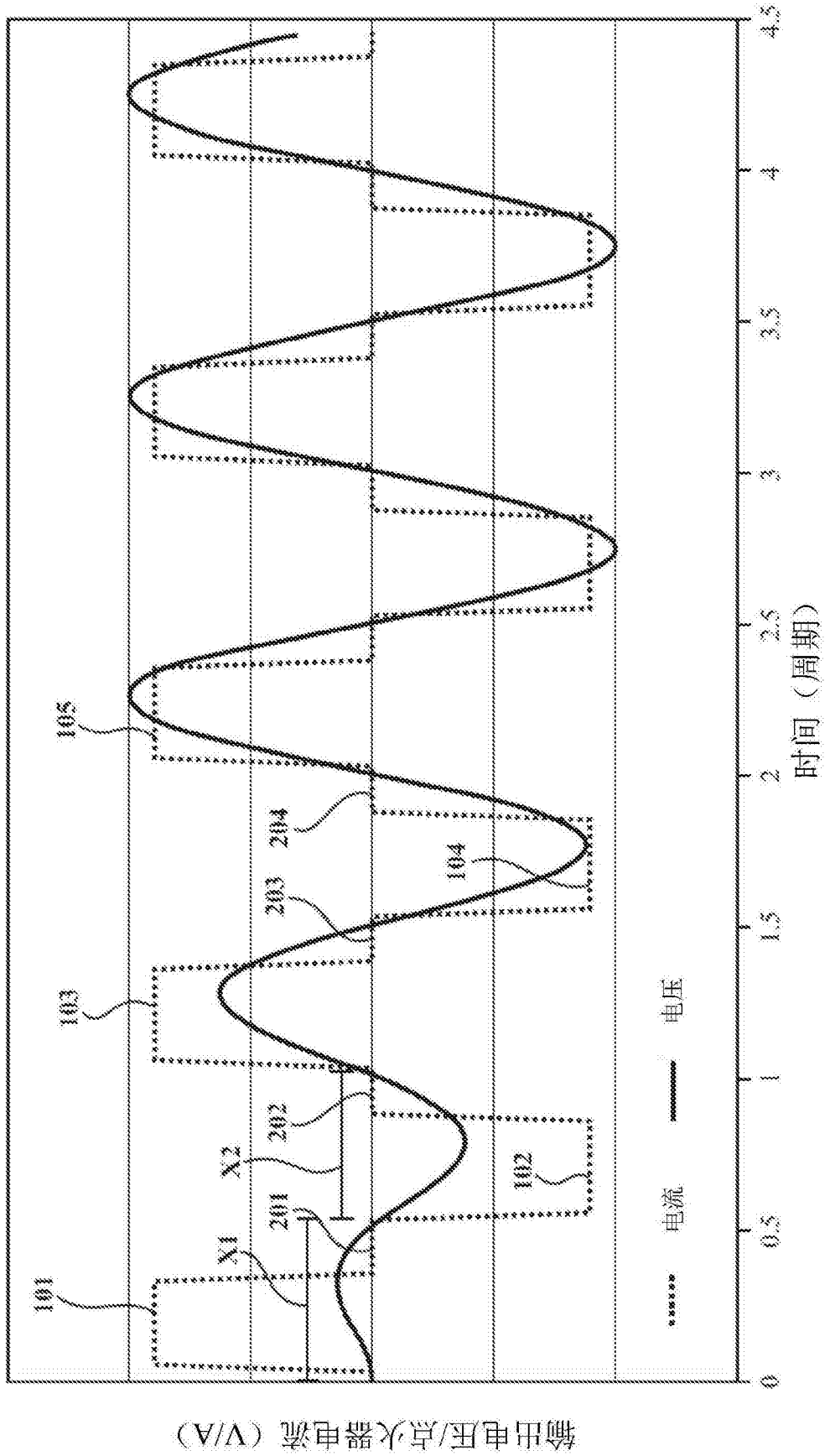

输出电压/点火器电流（V/A）
时间（周期）
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
电流
电压
101
102
103
104
105
201
202
203
204
X1
X2

图4

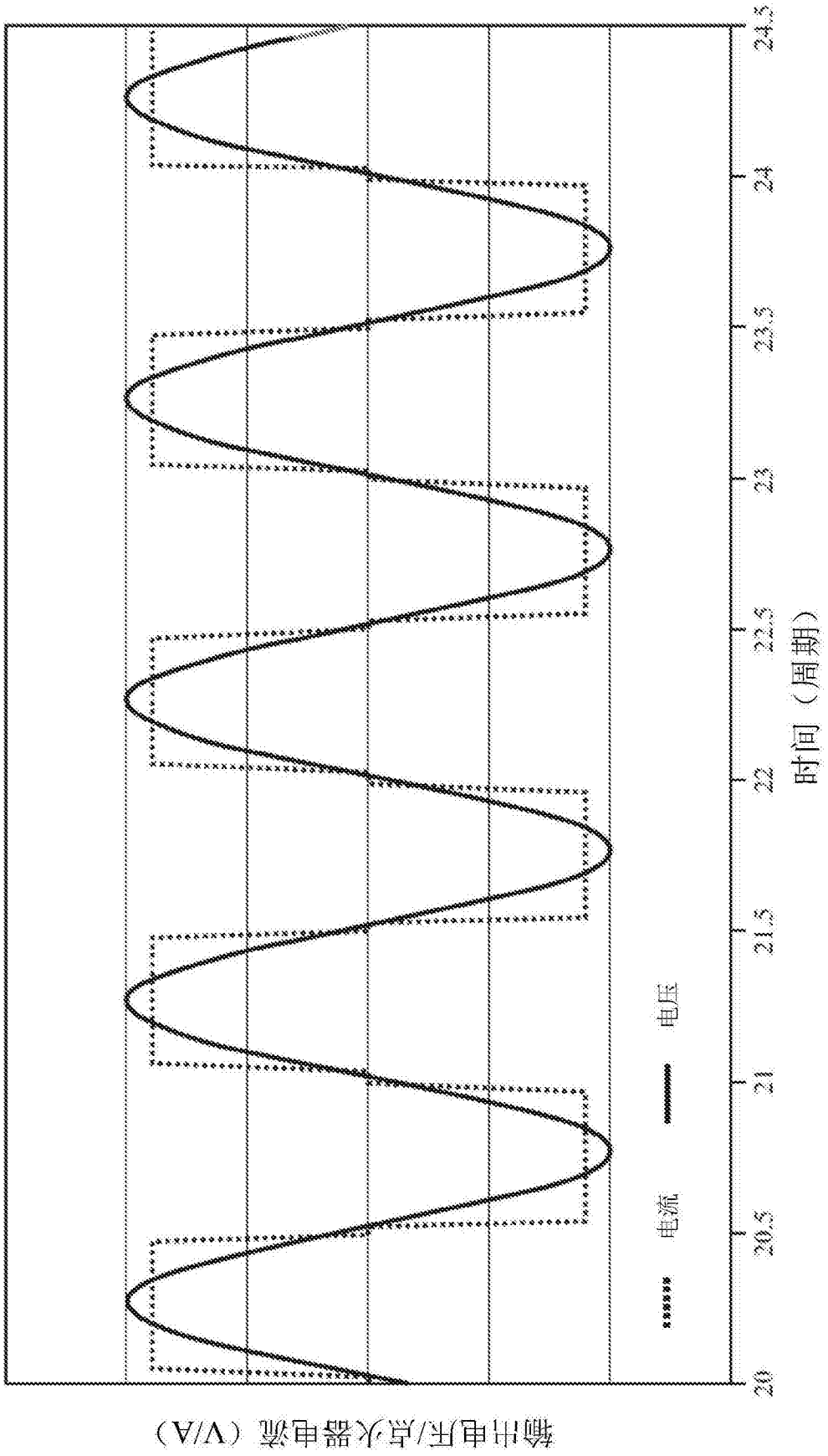


图5