



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110872995 A

(43)申请公布日 2020.03.10

(21)申请号 201910802437.X

F02P 9/00(2006.01)

(22)申请日 2019.08.28

F02D 41/00(2006.01)

(30)优先权数据

F02D 9/00(2006.01)

16/120,038 2018.08.31 US

F02P 17/12(2006.01)

(71)申请人 福特全球技术公司

地址 美国密歇根州迪尔伯恩市

(72)发明人 加兰·休伯茨 曲秋平

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司
11245

代理人 徐东升

(51)Int.Cl.

F02D 41/14(2006.01)

F02P 5/15(2006.01)

F02D 13/02(2006.01)

F02P 3/045(2006.01)

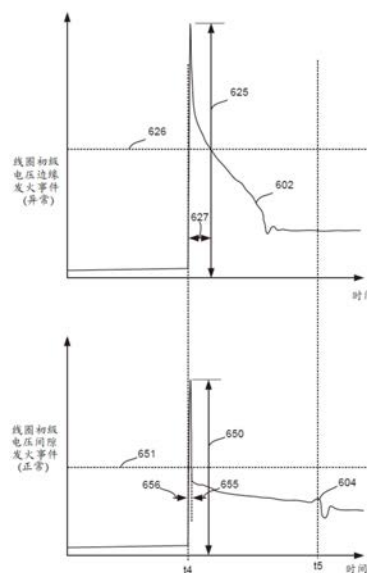
权利要求书1页 说明书14页 附图9页

(54)发明名称

用于监测点火系统的系统和方法

(57)摘要

本公开提供了“用于监测点火系统的系统和方法”。公开了一种用于监测和清洁火花塞的系统。在一个示例中,根据点火线圈的初级线圈的电压的特性来检测火花塞的边缘发火。在检测到火花塞的边缘发火之后,所述系统可实行火花塞清洁。



1. 一种火花塞监测系统, 包括:
发动机, 所述发动机包括具有初级线圈的点火线圈; 以及
控制器, 所述控制器包括存储在非暂态存储器中的用于从所述点火线圈开始放电之后的第一预定时间开始到所述点火线圈开始放电之后的第二预定时间对所述初级线圈的电压进行积分的可执行指令、以及用于经由所述控制器响应于所述积分来调整所述发动机的操作的指令。
2. 如权利要求1所述的系统, 其中调整所述发动机的操作包括稀化发动机气缸的空燃比, 并且其中所述控制器电耦合到所述点火线圈。
3. 如权利要求1所述的系统, 其中调整所述发动机的操作包括增加负荷、提前火花正时、增加发动机转速、调整凸轮正时。
4. 如权利要求1所述的系统, 其中所述调整所述发动机的操作包括增加点火线圈的充电时间、增加所述点火线圈的充电和放电事件的总数以及减少排气再循环流量。
5. 如权利要求1所述的系统, 其中所述积分是经由模拟电路执行的数值积分或线性积分。
6. 如权利要求1所述的系统, 还包括将在所述第一预定时间开始的所述积分的值与从不同气缸循环开始的所述初级线圈的电压的积分的值进行比较。
7. 如权利要求6所述的系统, 还包括进一步响应于在所述第一预定时间开始的所述积分的所述值大于从不同气缸循环开始的所述初级线圈的所述电压的所述积分的所述值, 调整所述发动机的操作。
8. 一种用于监测火花塞的方法, 包括:
为点火线圈充电, 从而为所述火花塞供应电能; 以及
响应于在初级点火线圈的电压是在气缸的循环期间由所述点火线圈放电所产生的峰值电压的可调百分比时的所述初级点火线圈的所述电压, 经由控制器调整发动机操作。
9. 如权利要求8所述的方法, 其中异常火花的时间比正常火花的时间长。
10. 如权利要求8所述的方法, 其中所述峰值电压是在所述气缸的所述循环期间所述初级点火线圈的最大电压。
11. 如权利要求8所述的方法, 其中调整发动机操作包括稀化空气-燃料混合物、提前发动机点火正时、增加发动机转速以及调整凸轮正时。
12. 如权利要求8所述的方法, 其中调整发动机操作包括增加发动机负荷、增加点火线圈的充电时间、增加所述点火线圈的充电和放电事件的总数以及减少排气再循环。
13. 如权利要求8所述的方法, 还包括经由磁耦合到所述初级点火线圈的次级点火线圈产生火花。
14. 如权利要求13所述的方法, 其中在火花塞处产生所述火花。

用于监测点火系统的系统和方法

技术领域

[0001] 本说明书涉及用于监测火花点火发动机的点火系统的操作的系统。所述系统对于确定何时激活火花塞边缘发火补偿模式可能特别有用。

背景技术

[0002] 内燃发动机的火花塞可能经由湿燃料、碳沉积物或燃料添加剂而变脏。火花塞包括中心电极,所述中心电极被陶瓷绝缘体包围(火花塞的尖端处除外,在那里中心电极暴露并且靠近接地电极,所述接地电极是火花塞外壳的一部分)。燃料和沉积物可使陶瓷绝缘体导电,从而不会在中心电极和接地电极之间的间隙中引发火花。相反,火花塞可在位于陶瓷绝缘体和火花塞外壳之间的缝隙体积中放电。这种类型的放电可被描述为边缘发火,并且边缘发火火花事件可导致气缸中的气体的迟滞燃烧或失火。迟滞燃烧和失火可能会降低发动机功率并增加发动机排放。因此,可能希望提供一种识别边缘发火事件并减轻附加边缘发火事件的可能性的方法。

发明内容

[0003] 发明人在本文已经认识到上述缺点并且开发了一种火花塞监测系统,所述火花塞监测系统包括:发动机,所述发动机包括具有初级线圈的点火线圈;以及控制器,所述控制器包括存储在非暂态存储器中的用于从所述点火线圈开始放电之后的第一预定时间开始到所述点火线圈开始放电之后的第二预定时间对所述初级线圈的电压进行积分的可执行指令、以及用于经由所述控制器响应于所述积分来调整所述发动机的操作的指令。

[0004] 通过监测初级点火线圈的电压,可提供确定存在或不存在边缘发火火花塞的技术结果。具体地,一旦磁耦合到初级点火线圈的次级线圈开始放电,就可对初级线圈的电压进行积分,并且积分的值可指示存在或不存在火花塞的边缘发火。如果指示边缘发火,则发动机可在较高的负荷和/或较稀的空气-燃料混合物下操作,以减少另外的边缘发火事件的可能性。

[0005] 本说明书可以提供若干优点。具体地,所述方法以不显明的方式检测火花塞边缘发火,使得发动机操作可以不受监测的影响。另外,所述方法可经由电压斜率、电压电平或积分电压值来检测边缘发火,使得发动机控制器的处理能力可与监测火花塞的方法相匹配。此外,所述方法提供了用于减少另外的火花塞边缘发火事件的可能性的措施,以便改进发动机操作。

[0006] 当单独或结合附图理解时,从下面的具体实施方式中,本说明书的上述优点和其他优点以及特征将变得显而易见。

[0007] 应当理解,提供以上发明内容部分是为了以简化的形式介绍将在具体实施方式部分中进一步描述的一系列概念。这并不意味着表示所要求保护的主题的关键或基本特征,所述主题的范围是由具体实施方式所附的权利要求唯一地限定。此外,所要求保护的主题不限于解决上文或本公开的任何部分中提及的任何缺点的实现方式。

附图说明

[0008] 通过单独地或参考附图阅读本文中称为具体实施方式的实施例的示例,将更全面地理解本文所述的优点,在附图中:

[0009] 图1是发动机的示意图;

[0010] 图2是发动机推进的车辆示意图;

[0011] 图3示出了用于检测正在边缘发火的火花塞的示例性电路;

[0012] 图4示出了由火花塞间隙火花事件引起的点火线圈放电相关联的信号;

[0013] 图5示出了由边缘发火火花事件引起的点火线圈放电相关联的信号;

[0014] 图6至图8示出了确定边缘发火火花事件的存在的方法的图示;以及

[0015] 图9是用于检测和补偿边缘发火火花事件的示例性方法的流程图。

具体实施方式

[0016] 本说明书涉及检测边缘发火火花事件,其中在中心火花塞电极的绝缘体和接地火花塞外壳之间出现火花。在一个非限制性示例中,在图1和图2中所示类型的发动机中可检测到边缘发火。在发动机操作期间,经由图3所示的电路可检测到边缘发火火花塞。在图4中示出间隙发火火花塞的点火线圈次级线圈电压。在图5中示出边缘发火火花塞的点火线圈次级线圈电压。在图6至图8中示出用于确定存在火花塞的边缘发火的方法。可根据图9的方法检测并补偿火花塞边缘发火。

[0017] 参考图1,内燃发动机10(其包括多个气缸,图1中示出其中一个气缸)由电子发动机控制器12控制。控制器12接收来自图1至图3中所示的各种传感器的信号。控制器12采用图1至图3中所示的致动器以基于所接收的信号和存储在控制器12的存储器中的指令来调整发动机操作。

[0018] 发动机10包括燃烧室30和气缸壁32,活塞36定位在气缸壁32中并连接到曲轴40。燃烧室30被示出为经由相应的进气门52和排气门54与进气歧管44和排气歧管48连通。每个进气门和排气门可以由进气凸轮51和排气凸轮53操作。替代地,进气门和排气门中的一者或者两者可以由机电控制的阀线圈和电枢组件操作。进气凸轮51的位置可以通过进气凸轮传感器55确定。排气凸轮53的位置可以通过排气凸轮传感器57确定。

[0019] 燃料喷射器66被示为定位成将燃料直接喷射到气缸30中,这被所属领域技术人员称为直接喷射。替代地,燃料可以被喷射到进气道,这是本领域技术人员已知的进气道喷射。燃料喷射器66与来自控制器12的信号脉冲宽度成比例地输送液体燃料。燃料由包括燃料箱、燃料泵和燃料轨(未示出)的燃料系统(未示出)输送到燃料喷射器66。从控制器12向燃料喷射器66供应工作电流。另外,进气歧管44被示为与可选电子节气门62连通,所述电子节气门调整节流板64的位置以控制从进气口42到进气歧管44的空气流量。

[0020] 无分电器点火系统88响应于控制器12而经由火花塞92向燃烧室30提供点火火花。通用排气氧(UEGO)传感器126被示为在催化转化器70上游联接到排气歧管48。替代地,双态排气氧传感器可以用UEGO传感器126代替。

[0021] 在一个示例中,转化器70可包括多个催化剂砖。在另一个示例中,可使用多个排放控制装置,每个排放控制装置具有多个砖。在一个示例中,转化器70可以是三元型催化剂。

[0022] 控制器12在图1示为常规微计算机,其包括:微处理器单元102、输入/输出端口104

(模数转换器、数字输入和输出、脉冲宽度调制输出等)、只读存储器106、随机存取存储器108、保活存储器110和常规数据总线。除了先前讨论的那些信号之外,还示出了控制器12从联接到发动机10的传感器接收各种信号,包括:来自联接到冷却套筒114的温度传感器112的发动机冷却剂温度(ECT);联接到加速踏板130的位置传感器134,用于感测由脚132所施加的力;来自联接到进气歧管44的压力传感器122的发动机歧管压力(MAP)测量结果;感测曲轴40位置的霍尔效应传感器118的发动机位置传感器;来自传感器120的进入发动机的空气质量的测量结果;以及来自传感器58的节气门位置测量结果。还可感测(传感器未示出)大气压力以供控制器12处理。在本说明书的一个优选方面,发动机位置传感器118在曲轴的每次旋转产生预定数量的等间隔脉冲,从中可以确定发动机转速(RPM)。控制器12可向人/机界面(例如,面板显示器、仪表板、钥匙开关或其他已知界面)显示数据和消息。此外,控制器12可经由人/机界面11接收来自人的命令和输入。

[0023] 在一些示例中,发动机可联接到混合动力车辆中的电动马达/电池系统。混合动力车辆可具有并联配置、串联配置或其变型或组合。

[0024] 在操作期间,发动机10内的每个气缸通常经历四冲程循环:所述循环包括进气冲程、压缩冲程、膨胀冲程和排气冲程。在进气冲程期间,一般来说,排气门54关闭而进气门52打开。空气经由进气歧管44被引入到燃烧室30中,并且活塞36移动到气缸的底部,以便增大燃烧室30内的容积。活塞36靠近气缸底部且处于其冲程末端(例如,当燃烧室30处于其最大容积时)的位置通常被本领域技术人员称为下止点(BDC)。在压缩冲程期间,进气门52和排气门54关闭。活塞36朝气缸盖移动,以便压缩燃烧室30内的空气。活塞36处于其冲程末端并且最靠近气缸盖(例如,当燃烧室30处于其最小容积时)的点通常被本领域技术人员称为上止点(TDC)。在下文称为喷射的过程中,将燃料引入到燃烧室中。在下文中称为点火的过程中,由诸如火花塞92的已知点火装置对喷射的燃料点火,从而导致燃烧。在膨胀冲程期间,膨胀的气体将活塞36推回到BDC。曲轴40将活塞运动转换成旋转轴的旋转扭矩。最后,在排气冲程期间,排气门54打开以将燃烧过的空气-燃料混合物释放到排气歧管48,并且活塞返回到TDC。应当注意,以上仅作为示例示出,并且进气门和排气门打开和/或关闭正时可变化,诸如以提供正或负气门重叠、进气门迟闭或各种其他示例。

[0025] 图2是车辆传动系200的示意图。传动系200可由发动机10或电动马达202提供动力。发动机10可机械地联接到交流发电机210、电动马达202和变速器208。

[0026] 可由交流发电机210、电动马达/发电机202和变速器208向发动机10施加负荷。可经由调整相应装置的控制变量来调整交流发电机210、电动马达202和变速器208中的每一者。例如,可增加或减少电动马达/发电机202的场电流,以使电动马达/发电机202施加到发动机10的负荷增加或减少。类似地,可调整交流发电机210的场电流以使施加到发动机10的负荷增加。另外,可变换变速器208的挡位230-232以使施加到发动机10的负荷增加或减少。发动机10和电动马达202可向车轮212供应扭矩。

[0027] 现在参考图3,示出了用于检测火花塞的边缘发火的示例性电路(例如,火花塞在位于容纳电极的陶瓷绝缘体和火花塞金属外壳之间的缝隙体积中产生火花)。图3的电路可包括在图1和图2的系统中。

[0028] 电池304向点火系统88和控制器12供应电力。控制器12操作开关302以对点火线圈306充电和放电。可选地,控制器12可包括模拟电路399(例如,运算放大器或比较器),用于

对点火线圈初级线圈电压进行积分。点火线圈306包括初级线圈320和次级线圈322。当开关302闭合以允许电流从电池304流到点火线圈306时,点火线圈306充电。在电流已经流到点火线圈306之后,当开关302打开时,点火线圈306放电。初级线圈320可磁耦合到次级线圈322并且与次级线圈电隔离。导体310感测初级线圈320的电压并将电压引导至分压器电路330。分压器330将初级线圈电压降低到可被输入到控制器12的水平。次级线圈322向火花塞92供应能量。当跨中心电极364和外壳电极362a之间的电极间隙350的电压足以使电流流过电极间隙350时,火花塞92在间隙350中产生火花。替代地,边缘发火事件可导致跨绝缘体360和接地外壳362之间的缝隙形成火花,而不是由于火花塞积垢而跨电极间隙350形成火花。电压被经由次级线圈322供应到中心电极364,所述次级线圈364耦合到端子363。外壳电极362a经由发动机气缸盖(未示出)电耦合到地电位390。二极管308在点火线圈306充电时被反向偏压,并且在火花期间被正向偏压至接地390。

[0029] 因此,图1至图3的系统提供一种火花塞监测系统,所述火花塞监测系统包括:发动机,所述发动机包括具有初级线圈的点火线圈;以及控制器,所述控制器包括:存储在非暂态存储器中的可执行指令,用于从所述点火线圈开始放电之后的第一预定时间开始到所述点火线圈开始放电之后的第二预定时间对所述初级线圈的电压进行积分;以及用于经由所述控制器响应于所述积分来调整所述发动机的操作的指令。所述系统包括其中调整所述发动机的操作包括稀化发动机气缸的空燃比,并且其中所述控制器电耦合到所述点火线圈。所述系统包括其中调整所述发动机的操作包括增加负荷、提前火花正时、增加发动机转速、调整凸轮正时。所述系统包括其中所述调整所述发动机的操作包括增加点火线圈的充电时间、增加所述点火线圈的充电和放电事件的总数、以及减少排气再循环流量。所述系统包括其中所述积分是经由模拟电路执行的数值积分或线性积分。所述系统还包括将在所述第一预定时间开始的所述积分的值与从不同气缸循环开始的所述初级线圈的电压的积分的值进行比较。所述系统还包括进一步响应于在所述第一预定时间开始的所述积分的所述值大于从不同气缸循环开始的所述初级线圈的所述电压的所述积分的所述值,调整所述发动机的操作。

[0030] 图1至图3的系统提供一种火花塞监测系统,所述火花塞监测系统包括:发动机,所述发动机包括点火线圈;以及控制器,所述控制器包括存储在非暂态存储器中的用于经由所述控制器将来自所述点火线圈的第一放电事件的初级线圈电压的斜率与来自所述点火线圈的第二放电事件的初级线圈电压的斜率进行比较的可执行指令、以及响应于经由所述控制器进行的所述比较而至少部分地从火花塞清除污染物的指令。所述系统还包括用于在来自所述点火线圈的所述第一异常放电事件的所述初级线圈电压的所述斜率的绝对值大于来自所述第二正常放电事件的所述初级线圈电压的所述斜率的绝对值时,从所述火花塞至少部分地清除所述污染物的附加指令。所述系统包括其中所述第二放电事件在所述火花塞的间隙中产生火花。所述系统包括其中经由增加发动机负荷和增加发动机转速来至少部分地清除所述污染物。所述系统包括其中经由调整空气-燃料混合物并且提前火花正时并调整凸轮正时来至少部分地清除所述污染物。所述系统包括其中经由稀化所述空气-燃料混合物、增加所述点火线圈的充电和放电事件的总数以及减少排气再循环流量来至少部分地清除所述污染物。

[0031] 现在参考图4,示出由火花塞间隙事件中的火花引起的预示性点火线圈放电。可经

由图1至图3的系统根据图9的方法来产生图4中所示的信号。时间 t_0 和 t_1 时的竖直标记表示序列期间相关联的时间。图4中所示的点火线圈放电表示气缸循环期间的单个火花塞间隙产生的火花的点火线圈放电(例如,期望的火花产生序列)。

[0032] 从图4顶部数的第一曲线图为次级点火线圈电压对时间的曲线图。竖直轴表示次级点火线圈电压,并且次级点火线圈电压值沿竖直轴箭头的方向增加。水平轴表示时间并且时间从图的左侧到图的右侧增加。迹线402表示次级点火线圈电压。

[0033] 从图4顶部数的第二曲线图表示接收经由第一曲线图中所示的次级电压产生的火花的气缸中的压力对时间的关系。竖直轴表示气缸压力并且气缸压力沿竖直轴箭头的方向增加。水平轴表示时间并且时间从图的右侧到图的左侧增加。迹线404表示接收火花的气缸中的压力。

[0034] 在时间 t_0 之前,次级线圈电压处于较高电压并且气缸压力较低但正逐渐增加。随着气缸中的活塞(未示出)朝向上止点压缩冲程移动,气缸压力增加。

[0035] 在时间 t_0 ,当超过火花塞间隙的击穿电压并且电流流过位于中心电极和外壳电极之间的火花塞间隙时,次级线圈电压下降。火花点燃气缸中的空气-燃料混合物,这导致在气缸中产生燃烧且气体压力升高。次级线圈电压恢复得相当快,气缸压力迅速上升,在上止点压缩冲程略微之后达到峰值。

[0036] 在时间 t_1 ,次级点火线圈电压几乎完全恢复,并且气缸压力几乎处于峰值。随着活塞移动离开上止点压缩冲程,气缸压力减小。

[0037] 因此,经由在位于火花塞中心电极和外壳电极之间的间隙中产生火花,提供期望的点火线圈放电和火花。火花导致在气缸中产生燃烧,从而使气缸中的压力增加,使得由压力增加引起的活塞上的力在发动机曲轴处产生扭矩。

[0038] 现在参考图5,示出由陶瓷绝缘体和火花塞外壳之间的缝隙中的边缘发火火花产生的预示性点火线圈放电。可经由图1至图3的系统产生图5中所示的信号。时间 t_2 和 t_3 时的竖直标记表示序列期间相关联的时间。图5中所示的点火线圈放电表示气缸循环期间的单个边缘发火火花的点火线圈放电。

[0039] 从图5顶部数的第一曲线图为次级点火线圈电压对时间的曲线图。竖直轴表示次级点火线圈电压,并且次级点火线圈电压值沿竖直轴箭头的方向增加。水平轴表示时间并且时间从图的左侧到图的右侧增加。迹线502表示次级点火线圈电压。

[0040] 从图5顶部数的第二曲线图表示接收经由第一曲线图中所示的次级电压产生的火花的气缸中的压力对时间的关系。竖直轴表示气缸压力并且气缸压力沿竖直轴箭头的方向增加。水平轴表示时间并且时间从图的右侧到图的左侧增加。迹线504表示接收火花的气缸中的压力。

[0041] 在时间 t_2 之前,次级线圈电压处于较高电压并且气缸压力较低但正逐渐增加。随着气缸中的活塞朝向上止点压缩冲程移动,气缸压力增加。

[0042] 在时间 t_2 ,由于在火花塞处在电绝缘体和火花塞外壳之间的缝隙中产生边缘发火火花,所以次级线圈电压下降。火花引起气缸中的空气-燃料混合物的缓慢燃烧,这导致气缸中的较慢燃烧和气缸压力的较慢增加。与在中心电极和外壳电极之间的电极间隙中产生火花的情况相比,次级点火线圈电压在较长时间段内保持在较低水平。

[0043] 在时间 t_3 ,次级点火线圈电压几乎完全恢复,但气缸压力增加到气缸动力冲程,使

得峰值气缸压力低于在火花塞间隙中产生火花的情况。气缸压力在燃烧冲程的后期达到峰值,然后随着活塞继续移动离开上止点燃烧冲程,气缸压力减小。

[0044] 因此,经由在中心电极绝缘体和火花塞外壳之间的缝隙中产生火花,提供不期望的点火线圈放电和火花。边缘发火火花引起气缸中的较慢燃烧,使得与通过火花塞的间隙中的火花引发燃烧时相比,气缸压力以较慢的速率上升。较慢的燃烧速率可降低发动机功率输出并增加发动机排放。

[0045] 火花塞间隙处的击穿电压可能非常高并且难以经由次级线圈测量。然而,由于点火线圈的初级线圈可磁耦合到点火线圈的次级点火线圈,因此可从初级线圈观察并监测击穿电压。在火花放电期间在图3的310处测量的初级线圈电压为次级电压除以点火线圈的匝比加上供应到点火线圈的电池电压。因此,可经由初级点火线圈电压观察次级点火线圈电压的反映。图6至图8示出用于从初级点火线圈电压检测边缘发火火花事件的方法。

[0046] 现在参考图6,示出用于区分由陶瓷绝缘体和火花塞外壳之间的缝隙中的边缘发火火花以及由间隙产生的火花导致的点火线圈放电的第一方法。时间 t_4 和 t_5 时的竖直标记表示序列期间相关联的时间。

[0047] 从图6顶部数的第一曲线图为对于单个异常边缘发火火花事件的点火线圈放电,初级点火线圈电压对时间的曲线图。竖直轴表示初级点火线圈电压,并且初级点火线圈电压值沿竖直轴箭头的方向增加。水平轴表示时间并且时间从图的左侧到图的右侧增加。迹线602表示初级点火线圈电压。在气缸的单个循环期间发生所示的点火线圈放电。

[0048] 从图6顶部数的第二曲线图为对于单个正常火花塞间隙火花事件的点火线圈放电,初级点火线圈电压对时间的曲线图。竖直轴表示初级点火线圈电压,并且初级点火线圈电压值沿竖直轴箭头的方向增加。水平轴表示时间并且时间从图的左侧到图的右侧增加。迹线604表示初级点火线圈电压。在气缸的单个循环期间发生所示的点火线圈放电。

[0049] 图6的第一曲线图和第二曲线图在时间上对齐以示出在间隙中产生正常火花的时间期间观察到的初级线圈电压与在火花为异常边缘发火火花的时间期间观察到的初级线圈电压之间的差。所述两个火花是在同一气缸中在类似条件下但在不同时间产生。

[0050] 在时间 t_4 ,边缘发火火花从图6顶部数的第一曲线图开始。第一曲线图中的初级线圈电压在此后不久达到最大值或峰值,并且由箭头625指示第一曲线图的峰值初级线圈电压电平。在该示例中,初级线圈电压在时间 t_4 之后和时间 t_5 之前的时间减小到第一曲线图中的峰值电压(例如,上限阈值)的一半,由线626指示。边缘发火火花开始的时间(例如,时间 t_4)和初级线圈电压为第一曲线图中的峰值电压电平625的一半的时间之间的时间可指示在火花塞处产生的火花的类型。在该示例中,所述时间量由箭头627指示,并且它是相对长的时间量,其指示由火花塞产生边缘发火火花。应当指出的是,峰值初级电压是非常快速的瞬态事件,并且电路准确捕获该电压的能力可变化。由于这个原因,除峰值电压的一半之外的值(例如,峰值电压或上限阈值电压的30%至70%)可以是用于确定存在或不存在边缘发火火花的基础。

[0051] 间隙火花序列也在时间 t_4 开始,并且在从图6顶部数的第二曲线图中示出。第二曲线图中的初级线圈电压在时间 t_4 之后不久达到最大值或峰值,并且由箭头650指示第二曲线图的峰值或上限阈值初级线圈电压电平。在时间 t_4 之后不久和时间 t_5 之前的时间,初级线圈电压减小到第二曲线图中的峰值电压的一半,由线651指示。间隙火花开始的时间(例

如,时间 t_4)和初级线圈电压可为第二曲线图中的峰值电压电平650的一半的时间之间的时间可指示在火花塞处产生的火花的类型。在该示例中,所述时间量由箭头656和655之间的时间量指示。这是比从图6顶部数的第一曲线图中的箭头627所指示的时间量更短的时间量。该短时间量可指示在从图6顶部数的第二曲线图的序列期间产生的火花为间隙火花。

[0052] 因此,可观察到,可通过在初级线圈电压指示击穿电压时的时间和初级电压在气缸循环期间降低到其峰值或上限阈值的一半的时间之间的相对长的时间量(例如,箭头627所指示的时间)来指示边缘发火火花。此外,可观察到,可通过在初级线圈电压指示击穿电压时的时间和初级电压在气缸循环期间降低到其峰值或上限阈值的一半的时间之间的相对短的时间量(例如,箭头656和655之间的时间)来指示间隙火花。

[0053] 现在参考图7,示出用于区分由陶瓷绝缘体和火花塞外壳之间的缝隙中的边缘发火火花以及由间隙产生的火花导致的点火线圈放电的第二方法。时间 t_6 和 t_7 时的竖直标记表示序列期间相关联的时间。

[0054] 从图7顶部数的第一曲线图为对于单个边缘发火异常火花事件的点火线圈放电,初级点火线圈电压对时间的曲线图。竖直轴表示初级点火线圈电压,并且初级点火线圈电压值沿竖直轴箭头的方向增加。水平轴表示时间并且时间从图的左侧到图的右侧增加。迹线702表示初级点火线圈电压。在气缸的单个循环期间发生所示的点火线圈放电。

[0055] 从图7顶部数的第二曲线图为对于单个火花塞间隙异常火花事件的点火线圈放电,初级点火线圈电压对时间的曲线图。竖直轴表示初级点火线圈电压,并且初级点火线圈电压值沿竖直轴箭头的方向增加。水平轴表示时间并且时间从图的左侧到图的右侧增加。迹线704表示初级点火线圈电压。在气缸的单个循环期间发生所示的点火线圈放电。

[0056] 图7的第一曲线图和第二曲线图在时间上对齐以示出在间隙中产生火花的时间期间观察到的初级线圈电压与在火花为边缘发火火花的时间期间观察到的初级线圈电压之间的差。所述两个火花是在同一气缸中在类似条件下但在不同时间产生。

[0057] 在时间 t_6 ,边缘发火火花从图6顶部数的第一曲线图开始。第一曲线图中的初级线圈电压在此后不久达到最大值或峰值,并且在时间 t_6 之后的预定时间量开始对初级线圈电压进行积分(例如,预定时间可在时间 t_6 之后的0到20微秒的范围内)。在积分开始之后的预定时间量(例如,200微秒),对初级线圈电压进行积分。在该示例中,在从图6顶部数的第一曲线图中,从时间 t_6 到时间 t_7 对初级线圈电压进行积分。积分值反映了在725处为阴影的面积。

[0058] 间隙火花也在时间 t_6 开始,并且在从图6顶部数的第二曲线图中示出。第二曲线图中的初级线圈电压在时间 t_6 之后不久达到最大值或峰值,并且在时间 t_6 之后的预定时间量开始对初级线圈电压进行积分(例如,预定时间可在时间 t_6 之后的0到20微秒的范围内)。在积分开始之后的预定时间量(例如,200微秒),对初级线圈电压进行积分。在该示例中,在从图6顶部数的第二曲线图中,从时间 t_6 到时间 t_7 对初级线圈电压进行积分。积分值反映了在726处为阴影的面积。

[0059] 因此,可观察到面积725大于面积726。因此,可基于面积725的较大值,将第一曲线图的边缘发火火花指示为边缘发火火花。较小面积726指示在从图7顶部数的第二曲线图的序列中出现间隙火花。

[0060] 现在参考图8,示出用于区分由陶瓷绝缘体和火花塞外壳之间的缝隙中的边缘发

火火花以及由间隙产生的火花导致的点火线圈放电的第三方法。时间 t_8 和 t_9 时的竖直标记表示序列期间相关联的时间。

[0061] 从图8顶部数的第一曲线图为对于单个边缘发火异常火花事件的点火线圈放电,初级点火线圈电压对时间的曲线图。竖直轴表示初级点火线圈电压,并且初级点火线圈电压值沿竖直轴箭头的方向增加。水平轴表示时间并且时间从图的左侧到图的右侧增加。迹线802表示初级点火线圈电压。在气缸的单个循环期间发生所示的点火线圈放电。

[0062] 从图8顶部数的第二曲线图为对于单个火花塞间隙异常火花事件的点火线圈放电,初级点火线圈电压对时间的曲线图。竖直轴表示初级点火线圈电压,并且初级点火线圈电压值沿竖直轴箭头的方向增加。水平轴表示时间并且时间从图的左侧到图的右侧增加。迹线804表示初级点火线圈电压。在气缸的单个循环期间发生所示的点火线圈放电。

[0063] 图8的第一曲线图和第二曲线图在时间上对齐以示出在间隙中产生火花的时间期间观察到的初级线圈电压与在火花为边缘发火火花的时间期间观察到的初级线圈电压之间的差。所述两个火花是在同一气缸中在类似条件下但在不同时间产生。

[0064] 在时间 t_8 ,边缘发火火花从图8顶部数的第一曲线图开始。第一曲线图中的初级线圈电压在此后不久达到最大值或峰值,并且出现第一曲线图的峰值或上限阈值初级线圈电压电平。初级线圈电压的线性回归在时间 t_8 之后的预定时间量开始(例如,预定时间可以在时间 t_6 之后的0到50微秒的范围内)。在线性回归中使用初级线圈电压的值来确定直线的方程,并且直线的斜率的绝对值指示存在或不存在边缘发火火花。在该示例中,通过箭头825指示在火花开始(例如,检测到击穿电压)之后的第一预定时间与火花开始之后的第二预定时间(例如,时间 t_9)之间的初级线圈电压的斜率。

[0065] 间隙火花也在时间 t_8 开始,并且在从图8顶部数的第二曲线图中示出。第二曲线图中的初级线圈电压在时间 t_8 之后不久达到最大值或峰值。初级线圈电压的线性回归在时间 t_8 之后的预定时间量开始(例如,预定时间可以在时间 t_6 之后的0到50微秒的范围内)。在线性回归中使用初级线圈电压的值来确定直线的方程,并且直线的斜率的绝对值可指示存在或不存在边缘发火火花。在该示例中,通过箭头826指示在火花开始(例如,检测到击穿电压)之后的第一预定时间与火花开始之后的第二预定时间(例如,时间 t_9)之间的初级线圈电压的斜率。

[0066] 因此,可观察到,边缘发火火花的初级线圈电压的斜率显著大于间隙火花的初级线圈电压的斜率(更陡峭)。因此,可通过初级线圈电压的斜率的绝对值大于阈值来指示边缘发火火花。可通过初级线圈电压的斜率小于阈值来指示间隙火花(例如,期望的火花)。

[0067] 现在参考图9,示出用于检测火花塞处的边缘发火火花的方法的流程图。图9的方法可作为可执行指令存储在图1的控制器12的非暂态存储器中,而所述方法的其他部分可经由控制器来执行,所述控制器变换物理世界中的装置和致动器的操作状态。

[0068] 在902处,确定发动机工况。发动机工况可包括但不限于发动机转速、发动机负荷、发动机温度、环境温度、发动机空燃比和电池电压。可经由来自图1至图3中所示的各种传感器和致动器的输入来确定这些工况。在确定发动机工况之后,方法900前进至904。

[0069] 在904处,方法900判断是否需要监测一个或多个发动机火花塞的异常放电(例如,边缘发火火花事件)。在一个示例中,可从发动机起动之后的时间开始(此时发动机首先达到怠速)到发动机关闭并停止旋转的时间监测火花塞的边缘发火事件。如果方法900判断需

要监测火花塞的异常放电,则答案为是并且方法900前进至906。否则,答案为否,并且方法900前进至920。

[0070] 在920处,方法900不监测火花塞的异常放电(例如,火花事件),并且不将初级线圈电压记录到控制器存储器。在一个示例中,方法900可不读取反映初级点火线圈的电压的控制器输入的输出。方法900前进以退出。

[0071] 在906处,方法900监测点火线圈的初级线圈的电压并将其记录到控制器存储器。在一个示例中,方法900在气缸的每个循环期间监测每个发动机气缸的每个点火线圈的每个初级线圈。例如,监测一号气缸的点火线圈的初级线圈的电压并将其记录到控制器存储器,一号气缸的每个循环期间从自点火线圈在气缸循环期间开始放电以来的第一预定时间量开始。方法900前进至908。

[0072] 在908处,方法900判断是否经由点火线圈的初级线圈处的电压的幅度和宽度来评估火花塞的边缘发火。在一个示例中,如果需要低的控制器计算负荷和/或如果点火线圈的特性和特定车辆的操作点提供边缘发火火花事件期间(例如,异常火花)与间隙火花事件(例如,期望火花)的峰值初级线圈电压之间的可区分的差异,则方法900可判断经由点火线圈的初级线圈处的电压的幅度和宽度来评估火花塞的边缘发火。如果方法900判断需要经由点火线圈的初级线圈处的电压的幅度和宽度来评估火花塞的边缘发火,则答案为是并且方法900前进至910。否则,答案为否,并且方法900前进至930。

[0073] 在910处,方法900根据控制器存储器中的数据来确定气缸的点火线圈的初级线圈的上限阈值电压。具体地,方法900处理在点火线圈开始放电之后的第一预定时间量或在检测到击穿电压之后的第一预定时间量与在点火线圈开始放电之后的第二预定时间量或在检测到击穿电压之后的第二预定时间量之间从初级线圈获得的每个电压样本。将一个经采样的初级线圈电压与另一个经采样的初级线圈电压进行比较,并保留所述两个初级线圈电压中的较大一个。在处理了在点火线圈开始放电之后的第一预定时间量或在检测到击穿电压之后的第一预定时间量与在点火线圈开始放电之后的第二预定时间量或在检测到击穿电压之后的第二预定时间量之间的所有初级线圈电压之后,将剩余值确定为气缸循环的上限阈值电压并且在火花塞处产生火花。所述过程可通过以下逻辑来表示:

[0074] For $i=1:n$;

[0075] $\text{Peak_pri_volt}=\max(\text{Peak_pri_volt};\text{pri_volt}(i))$;

[0076] 其中 i 为在点火线圈开始放电之后的第一预定时间量或在检测到击穿电压之后的第一预定时间量与在点火线圈开始放电之后的第二预定时间量或在检测到击穿电压之后的第二预定时间量之间获得的初级线圈电压的样本号, n 为在气缸的气缸循环期间获得的初级线圈电压样本的最终数量, $\max$ 为返回自变量1(Peak_pri_volt)和自变量2($\text{pri_volt}(i)$)中的较大值的函数, Peak_pri_volt 为在气缸循环期间获得的上限初级线圈电压,并且 pri_volt 为第 i 样本的初级线圈电压。在确定在气缸循环期间记录的上限阈值初级线圈电压之后,方法900前进至912。

[0077] 在912处,方法900确定在点火线圈开始放电之后的预定时间量与在气缸循环期间采样的初级线圈电压为在同一气缸循环期间的初级线圈的上限阈值电压的预定百分比(例如,气缸循环期间的上限阈值电压的一半或50%,如图6所示)的时间之间的时间量。在一个示例中,所述过程可通过以下逻辑来描述:

```
K=0

For i=1: n;

    If (pri_volt(i)<Peak_pri_volt*frac)

        {

[0078]         if (K==0)

                {time_to_val=i*sample_time}

        {

            else

                K=1
```

[0079] 其中K为用于确定time_to_val的单个值的变量,i为样本号,n为在气缸的气缸循环期间获得的初级线圈电压样本的总数,pri_volt(i)为样本i处的初级线圈电压,Peak_pri_volt为气缸循环期间的上限阈值初级电压,frac为定义上限阈值初级线圈电压的百分比的分数,其为确定在气缸循环期间观察到的初级线圈电压特征的宽度(例如,时间量)的基础,sample_time为初级电压样本之间的时间量,并且time_to_val为点火线圈开始放电之后的第一预定时间量或在检测到击穿电压之后的第一预定时间量与在点火线圈开始放电之后的第二预定时间量或在检测到击穿电压之后的第二预定时间量之间的时间量。替代地,可经由模拟电路(例如,运算放大器或其他比较器和计时器)来执行积分。需注意,在该示例中,在点火线圈开始放电之后的预定时间量为零,但在其他示例中,可增加预定时间量并且可相应地调整上述逻辑。在确定time_to_val的值之后,方法900前进至914。

[0080] 在914处,方法900判断time_to_val的值是否指示在气缸循环中已经出现了边缘发火火花。在一个示例中,可将time_to_val的值与在先前气缸循环中确定的time_to_val的旧值或先前值进行比较。如果time_to_val的值比time_to_val的先前值大预定量,则答案为是并且可判断在其中监测了火花的气缸的最近气缸循环期间已经出现了边缘发火火花。否则,答案为否,并且方法900前进至950。如果答案为是,则方法900前进至916。可将time_to_val的当前值与time_to_val的先前值进行比较,因为边缘发火火花事件本质上是间或出现的,从而允许将time_to_val的当前值与time_to_val的最近值进行比较,以确定存在或不存在边缘发火火花。图6以图形方式描绘了该方法。

[0081] 在916处,方法900调整发动机操作以减少边缘发火的可能性,并且在可校准数量的事件之后,可通知车辆乘员或服务中心在发动机中产生边缘发火火花。在一个示例中,可经由调整发动机凸轮正时和/或发动机节气门开度、将变速器降挡以增加发动机RPM以及提前火花正时以增加火花塞处的热量来增加发动机负荷。另外,可增加点火停留时间或线圈充电时间,并且可稀化其中检测到边缘发火火花的气缸的空燃比。较高的发动机负荷和RPM、较稀的空燃比、提前的火花正时和较长的停留时间可能倾向于从火花塞绝缘体中除去碳,从而减少附加边缘发火火花的可能性。

[0082] 方法900还可经由人/机界面向车辆乘员显示存在边缘发火火花的视觉指示。此

外,方法900可将边缘发火火花信息传播到远程计算机,以便处理和/或安排对车辆的维护。在减轻附加边缘发火火花的可能性并且可能通知车辆乘员的边缘发火火花之后,方法900前进以退出。

[0083] 在950处,如果基于峰值初级线圈电压和宽度将存在边缘发火火花评估为正常火花,则将当前气缸循环的time_to_val的值存储在控制器存储器中作为time_to_val的先前值或旧值。替代地,如果如932所述基于对初级线圈电压的积分将存在边缘发火火花评估为正常火花,则将当前气缸循环的spark_area的值存储在控制器存储器中作为spark_area的先前值或旧值。在另一替代方案中,如果如940所述基于对初级线圈电压的积分将存在边缘发火火花评估为正常火花,则将当前气缸循环的斜率 β 的值存储在控制器存储器中作为斜率 β 的先前值或旧值。

[0084] 在930处,方法900判断是否经由对点火线圈的初级线圈处的电压的积分来评估火花塞的边缘发火。在一个示例中,如果点火线圈的特性和特定车辆的操作点提供边缘发火花事件期间(例如,异常火花)与间隙火花事件(例如,期望火花)的初级线圈电压的积分值之间的可区分的差异,则方法900可判断经由对点火线圈的初级线圈处的电压的积分来评估火花塞的边缘发火火花。这种积分可通过专用模拟电路以数字方式或线性方式完成。如果方法900判断需要经由对点火线圈的初级线圈处的电压的积分来评估火花塞的边缘发火花,则答案为是并且方法900前进至932。否则,答案为否,并且方法900前进至940。

[0085] 在932处,方法900对在点火线圈开始放电之后的第一预定时间量或在检测到击穿电压之后的第一预定时间量与在点火线圈开始放电之后的第二预定时间量或在检测到击穿电压之后的第二预定时间量之间记录的从初级线圈采样的电压进行积分。在一个示例中,所述积分以数字方式执行并且可描述为:

$$[0086] \quad spark_area = \frac{\Delta t}{2} \sum_{i=1}^N pri_volt(i-1) + pri_volt(i)$$

[0087] 其中spark_area为在906处针对气缸循环所记录的初级线圈电压曲线下方的面积, Δt 为初级线圈电压样本之间的时间量, N 为在气缸循环期间获得的初级线圈电压样本的总数, i 为第 i 样本,并且pri_volt为所记录的初级线圈电压。在执行积分之后,方法900前进至934。

[0088] 在934处,方法900判断spark_area的值是否指示在气缸循环中已经出现了边缘发火花。在一个示例中,可将spark_area的值与在先前气缸循环中确定的spark_area的旧值或先前值进行比较。如果spark_area的值比spark_area的先前值大预定量,则答案为是并且可判断在其中监测了火花的气缸的最近气缸循环期间已经出现了边缘发火花。否则,答案为否,并且方法900前进至950。如果答案为是,则方法900前进至916。可将spark_area的当前值与spark_area的先前值进行比较,因为边缘发火花事件本质上是间或出现的,从而允许将spark_area的当前值与spark_area的最近值进行比较,以确定存在或不存在边缘发火花。图7以图形方式描绘了该方法。

[0089] 在940处,方法900确定在点火线圈开始放电之后的第一预定时间量或在检测到击穿电压之后的第一预定时间量与在点火线圈开始放电之后的第二预定时间量或在检测到击穿电压之后的第二预定时间量之间记录的初级线圈的电压的斜率。在一个示例中,经由线性回归确定斜率,并且所述斜率可描述为:

[0090] $\text{pri_volt}(i) = \alpha + \beta \cdot \text{time}(i)$

[0091] $\hat{\alpha} = \overline{\text{pri_volt}} - \hat{\beta} \cdot \overline{\text{time}}$

[0092]
$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^N (\text{time}_i - \overline{\text{time}})(\text{pri_volt}_i - \overline{\text{pri_volt}})}{\sum_{i=1}^N (\text{time}_i - \overline{\text{time}})^2}$$

[0093] 其中 $\text{pri_volt}(i) = \alpha + \beta \text{time}(i)$ 描述初级线圈电压 pri_volt 和时间之间的线性关系, $\hat{\beta}$ 为在 906 处针对气缸循环所记录的初级线圈电压曲线的估计斜率, β 为在 pri_volt 和时间之间的所描述的关系式中的斜率, α 为在 pri_volt 和时间之间的所描述的关系式中的偏移, i 为样本号, N 为在气缸循环期间获得的初级线圈电压样本的总数, pri_volt_i 为在样本 i 处所记录的初级线圈电压, 并且 time_i 为样本 i 处的时间。在求解斜率值 $\hat{\beta}$ 之后, 方法 900 前进至 942。

[0094] 在 942 处, 方法 900 判断斜率 β 的值是否指示在气缸循环中已经出现了边缘发火火花。在一个示例中, 可将斜率 β 的值与在先前的气缸循环中确定的斜率 β 的旧值或先前值进行比较。如果斜率 β 的绝对值比斜率 β 的先前绝对值大预定量, 则答案为是并且可判断在其中监测了火花的气缸的最近气缸循环期间已经出现了边缘发火火花。否则, 答案为否, 并且方法 900 前进至 950。如果答案为是, 则方法 900 前进至 916。可将斜率 β 的当前值与斜率 β 的先前值进行比较, 因为边缘起火火花事件本质上是间或出现的, 从而允许将斜率 β 的当前值与斜率 β 的最近过去值进行比较以确定存在或不存在边缘起火火花。图 8 以图形方式描绘了该方法。

[0095] 因此, 图 9 的方法提供一种用于监测火花塞的方法, 所述方法包括: 为点火线圈充电, 从而为所述火花塞供应电能; 以及响应于在初级点火线圈的电压是在气缸的循环期间由所述点火线圈放电所产生的峰值电压的可调百分比时的所述初级点火线圈的所述电压, 经由控制器调整发动机操作。所述方法包括其中异常火花的时间比正常火花的时间长。所述方法包括其中所述峰值电压是在所述气缸的所述循环期间所述初级点火线圈的最大电压。所述方法包括其中调整发动机操作包括稀化空气-燃料混合物、提前发动机点火正时、增加发动机转速以及调整凸轮正时。所述方法包括其中调整发动机操作包括增加发动机负荷、增加点火线圈的充电时间、增加所述点火线圈的充电和放电事件的总数以及减少排气再循环。所述方法还包括经由磁耦合到所述初级点火线圈的次级点火线圈产生火花。所述方法包括其中在火花塞处产生所述火花。

[0096] 如本领域普通技术人员将明白的, 本文所述的例程可表示任何数量的处理策略 (诸如事件驱动的、中断驱动的、多任务的、多线程的处理策略等) 中的一个或多个。因此, 所示的各种步骤或功能可以所示顺序执行、并行地执行, 或者在某些情况下被省略。同样地, 处理顺序不一定是实现本文所描述的目标、特征和优点所必需的, 而是为了易于说明和描述而提供的。尽管没有明确示出, 但本领域普通技术人员将认识到, 可取决于所使用的特定策略而重复执行所示步骤或功能中的一个或多个。

[0097] 以下是对本说明书进行的总结。在不脱离本说明书的精神和范围的情况下, 本领域技术人员在阅读本说明书之后, 将想到许多变化和修改。例如, 在天然气、汽油或替代性

燃料配置中操作的I3、I4、I5、V6、V8、V10和V12发动机可使用本说明书来获益。

[0098] 根据本发明,提供一种火花塞监测系统,所述火花塞监测系统具有:发动机,所述发动机包括具有初级线圈的点火线圈;以及控制器,所述控制器包括存储在非暂态存储器中的用于从所述点火线圈开始放电之后的第一预定时间开始到所述点火线圈开始放电之后的第二预定时间对所述初级线圈的电压进行积分的可执行指令、以及用于经由所述控制器响应于所述积分来调整所述发动机的操作的指令。

[0099] 根据一个实施例,上述发明的特征还在于,其中调整所述发动机的操作包括稀化发动机气缸的空燃比,并且其中所述控制器电耦合到所述点火线圈。

[0100] 根据一个实施例,上述发明的特征还在于,其中调整所述发动机的操作包括增加负荷、提前火花正时、增加发动机转速、调整凸轮正时。

[0101] 根据一个实施例,上述发明的特征还在于,其中所述调整所述发动机的操作包括增加点火线圈的充电时间、增加所述点火线圈的充电和放电事件的总数以及减少排气再循环流量。

[0102] 根据一个实施例,其中所述积分是经由模拟电路执行的数值积分或线性积分。

[0103] 根据一个实施例,上述发明的特征还在于,将在所述第一预定时间开始的所述积分的值与从不同气缸循环开始的所述初级线圈的电压的积分的值进行比较。

[0104] 根据一个实施例,上述发明的特征还在于,进一步响应于在所述第一预定时间开始的所述积分的所述值大于从不同气缸循环开始的所述初级线圈的所述电压的所述积分的所述值,调整所述发动机的操作。

[0105] 根据本发明,提供一种火花塞监测系统,所述火花塞监测系统具有:发动机,所述发动机包括点火线圈;以及控制器,所述控制器包括存储在非暂态存储器中的用于经由所述控制器将来自所述点火线圈的第一放电事件的初级线圈电压的斜率与来自所述点火线圈的第二放电事件的初级线圈电压的斜率进行比较的可执行指令、以及响应于经由所述控制器进行的所述比较而至少部分地从火花塞清除污染物的指令。

[0106] 根据一个实施例,上述发明的特征还在于,用于在来自所述点火线圈的所述第一异常放电事件的所述初级线圈电压的所述斜率的绝对值大于来自所述第二正常放电事件的所述初级线圈电压的所述斜率的绝对值时,从所述火花塞至少部分地清除所述污染物的附加指令。

[0107] 根据一个实施例,其中所述第二放电事件在所述火花塞的间隙中产生火花。

[0108] 根据一个实施例,其中经由增加发动机负荷和增加发动机转速来至少部分地清除所述污染物。

[0109] 根据一个实施例,其中经由调整空气-燃料混合物并且提前火花正时并调整凸轮正时来至少部分地清除所述污染物。

[0110] 根据一个实施例,其中经由稀化所述空气-燃料混合物、增加所述点火线圈的充电和放电事件的总数以及减少排气再循环流量来至少部分地清除所述污染物。

[0111] 根据本发明,一种用于监测火花塞的方法,包括:为点火线圈充电,从而为所述火花塞供应电能;以及响应于在初级点火线圈的电压是在气缸的循环期间由所述点火线圈放电所产生的峰值电压的可调百分比时的所述初级点火线圈的所述电压,经由控制器调整发动机操作。

[0112] 根据一个实施例,异常火花的时间比正常火花的时间长。

[0113] 根据一个实施例,其中所述峰值电压是在所述气缸的所述循环期间所述初级点火线圈的最大电压。

[0114] 根据一个实施例,其中调整发动机操作包括稀化空气-燃料混合物、提前发动机点火正时、增加发动机转速以及调整凸轮正时。

[0115] 根据一个实施例,其中调整发动机操作包括增加发动机负荷、增加点火线圈的充电时间、增加所述点火线圈的充电和放电事件的总数以及减少排气再循环。

[0116] 根据一个实施例,上述发明的特征还在于,经由磁耦合到所述初级点火线圈的次级点火线圈产生火花。

[0117] 根据一个实施例,其中在火花塞处产生所述火花。

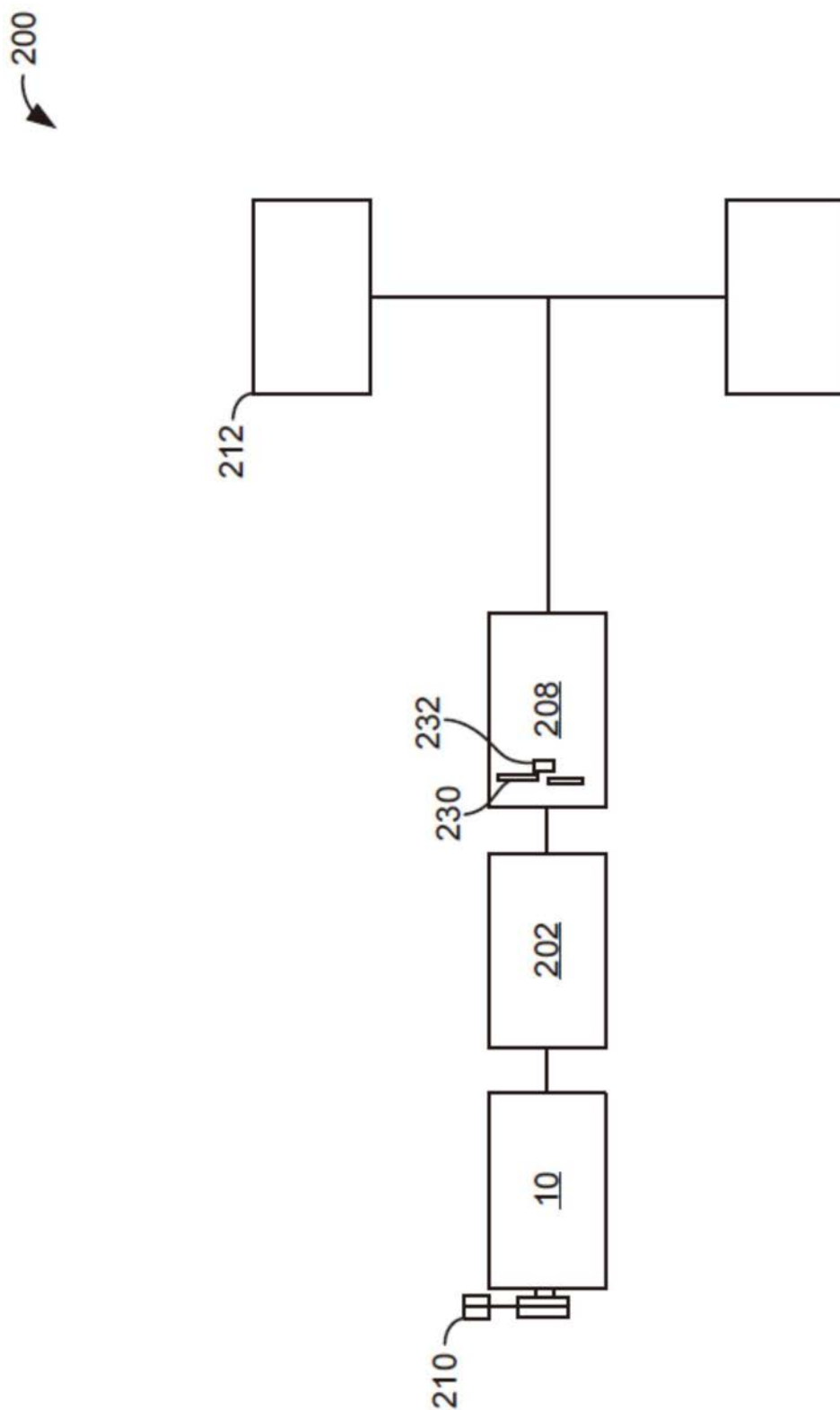


图2

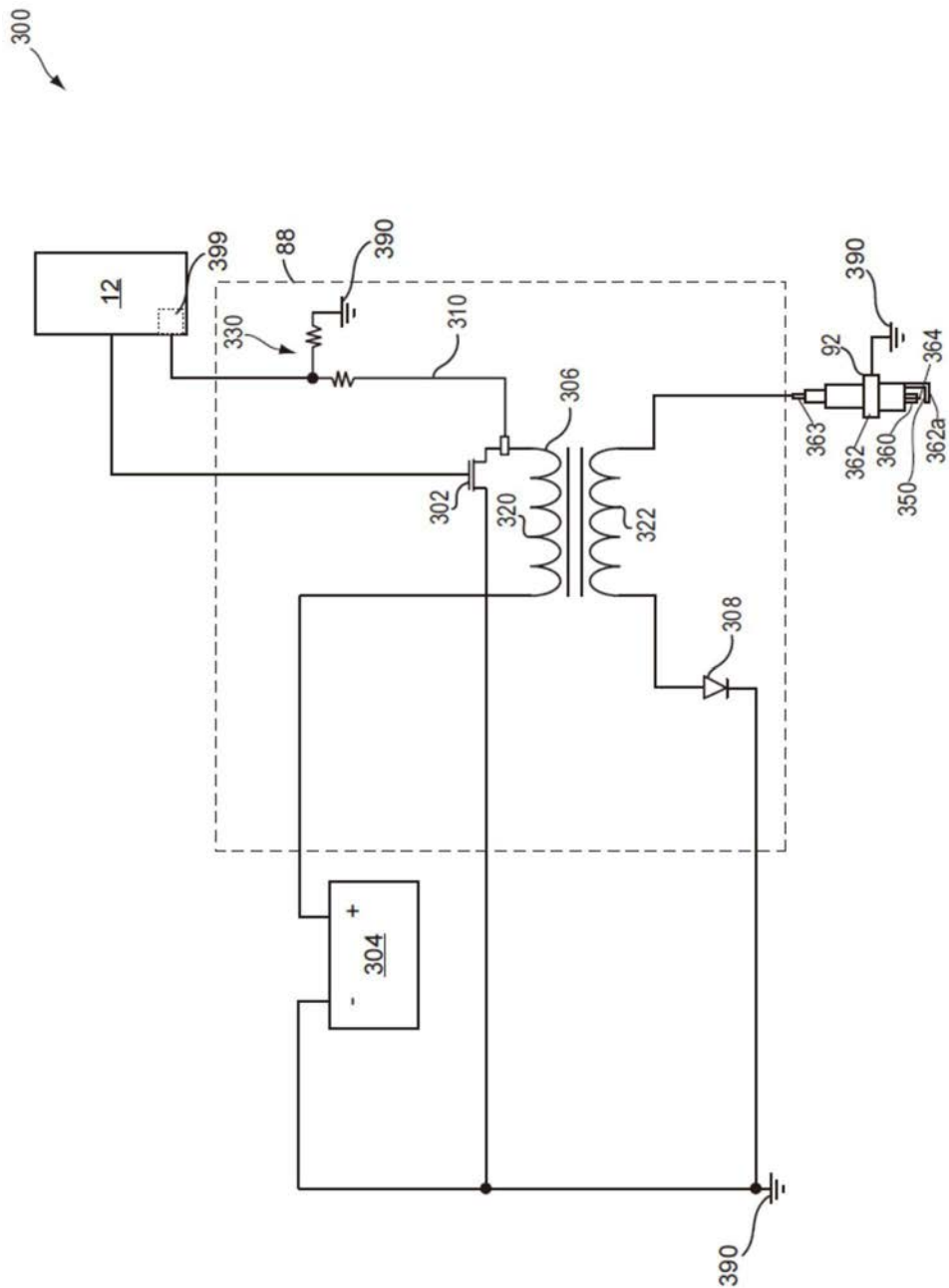


图3

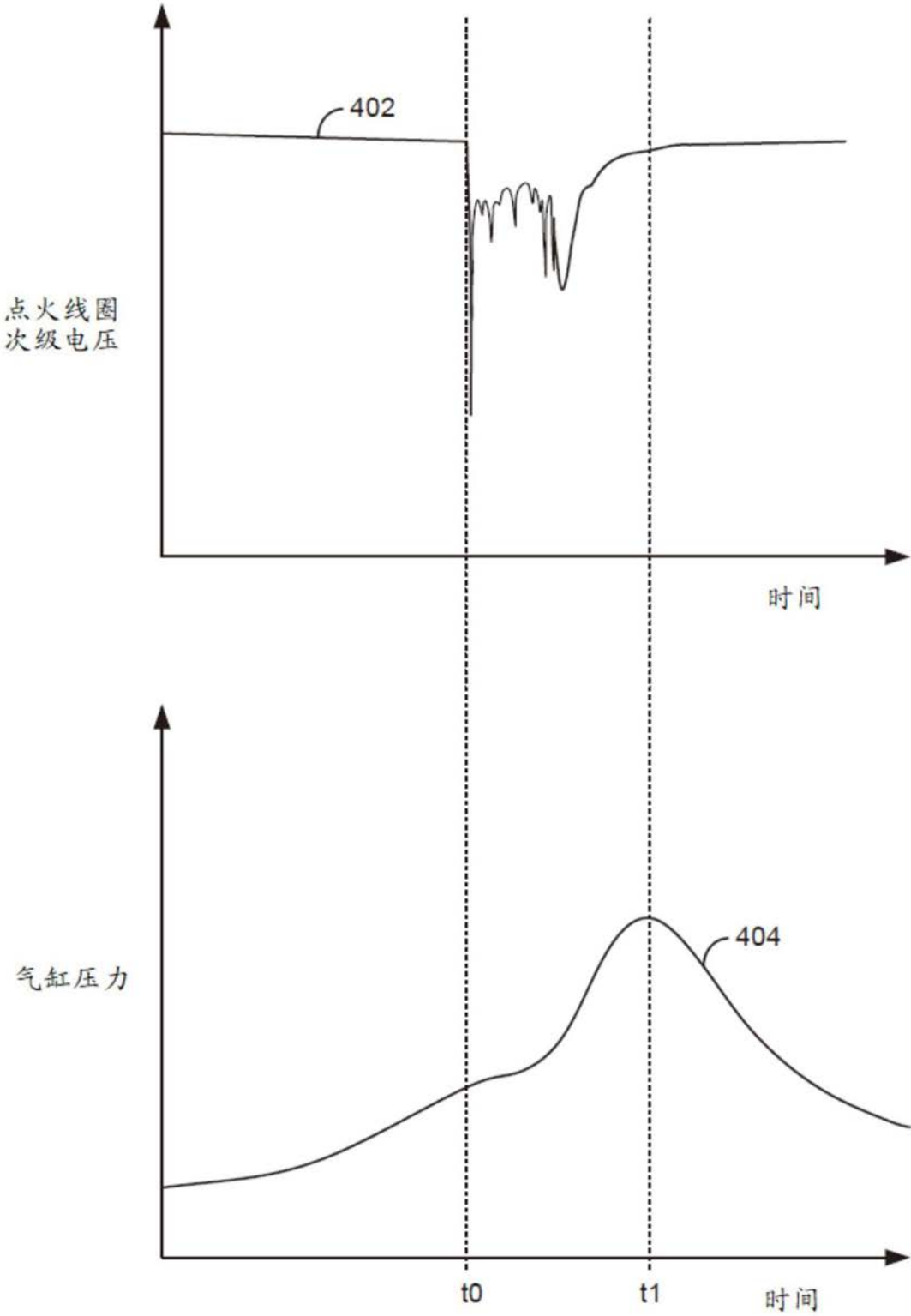


图4

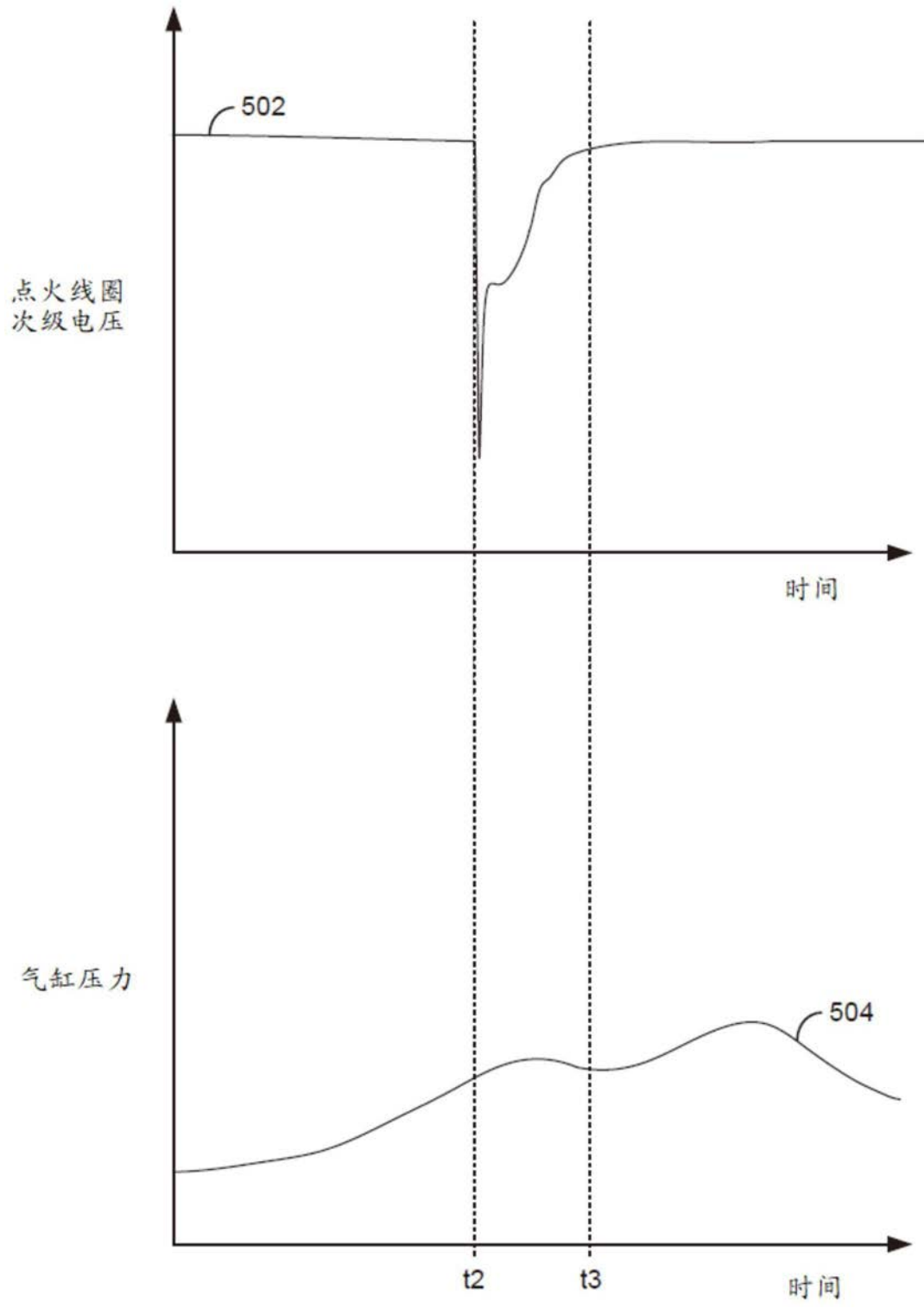


图5

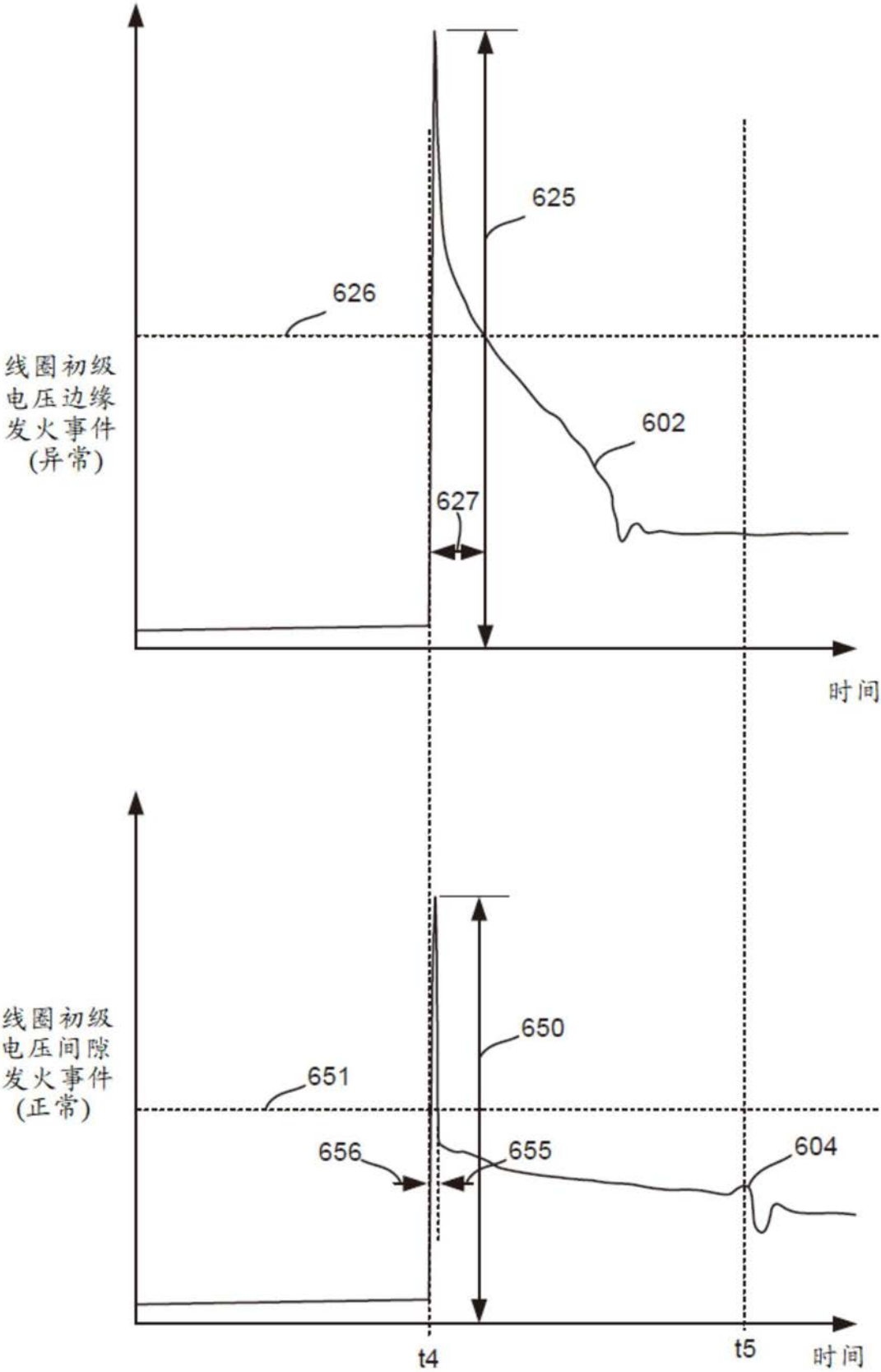


图6

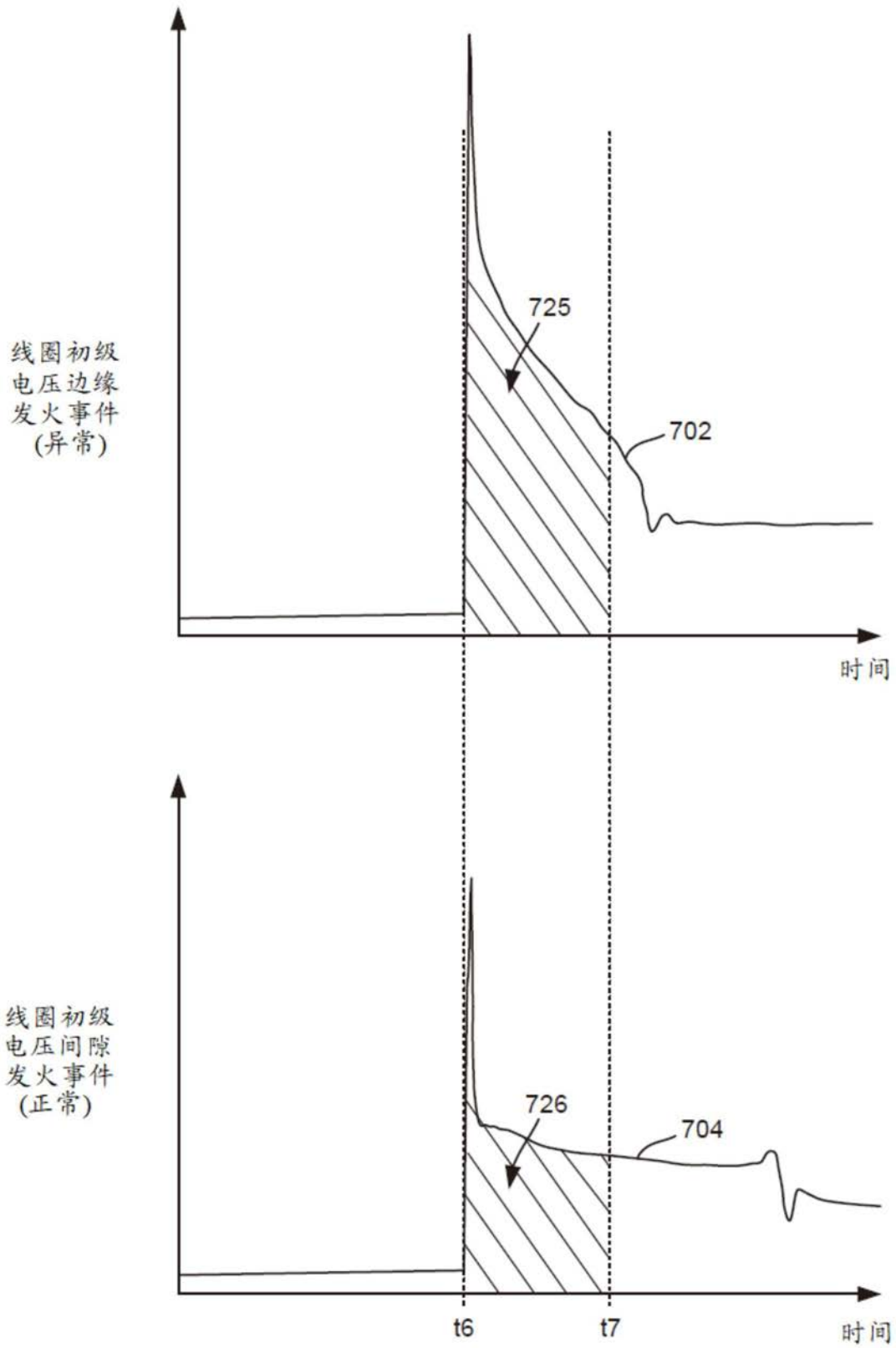


图7

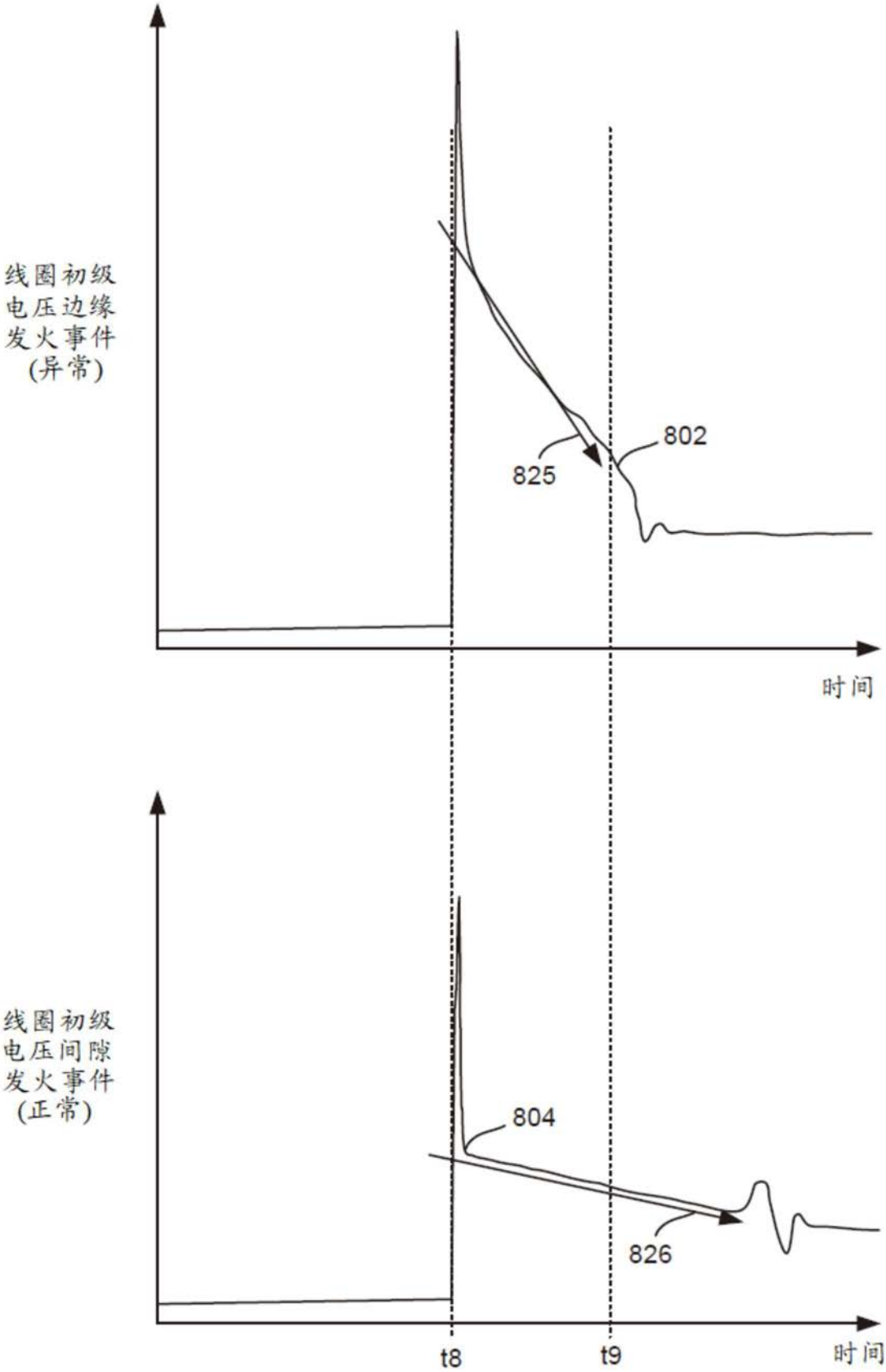


图8

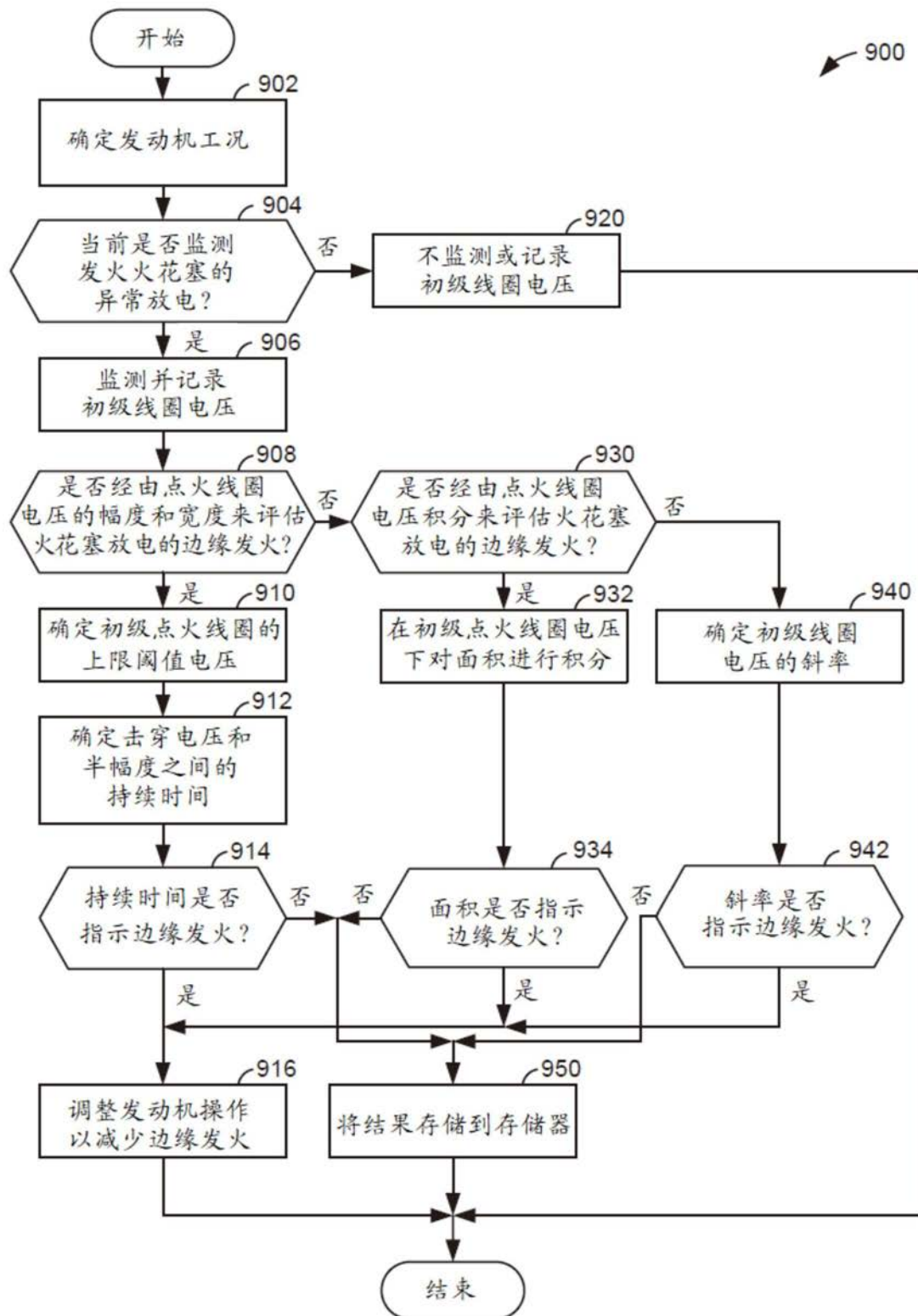


图9