



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102713254 B

(45)授权公告日 2017.02.22

(21)申请号 201080036784.3

(22)申请日 2010.08.17

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 102713254 A

(43)申请公布日 2012.10.03

(30)优先权数据  
12/542,794 2009.08.18 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2012.02.17

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2010/045739 2010.08.17

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02011/022383 EN 2011.02.24

(73)专利权人 伍德沃德公司  
地址 美国科罗拉多州

(72)发明人 D·C·彼特鲁斯卡

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

代理人 陈松涛 夏青

(51)Int.Cl.

F02P 3/04(2006.01)

H01F 38/12(2006.01)

F02P 3/02(2006.01)

(56)对比文件

US 4998526 A,1991.03.12,

CN 1617438 A,2005.05.18,

JP 3114120 B1,1970.01.01,

DE 19840765 A1,2003.03.06,

CN 200990956 Y,2007.12.19,

CN 1937120 A,2007.03.28,

US 6378513 B1,2002.04.30,

KR 20010045010 A,2001.06.05,

US 2008121214 A1,2008.05.29,

KR 100442952 B1,2004.08.04,

审查员 李钰

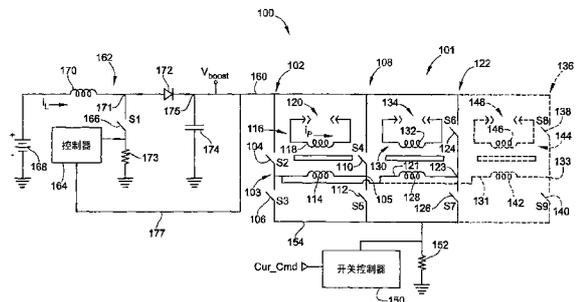
权利要求书5页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

用于AC点火系统的多路复用驱动电路

(57)摘要

一种用于AC点火系统的多路复用驱动电路，具有公共支线，所述公共支线包括串联耦合的两个开关，以及一条或多条专用支线，其中每条专用支线包括串联耦合的两个开关。所述多路复用驱动电路还包括用于所述一条或多条专用支线中的每一条的变压器，每个变压器具有初级绕组，所述初级绕组耦合在所述一条或多条专用支线中的一条和所述公共支线之间，并且其中每个变压器具有与火花塞并联耦合的次级绕组，以及脉宽调制(PWM)开关控制器，所述脉宽调制(PWM)开关控制器被配置为操作所述公共支线和专用支线开关以控制所述火花塞的火花放电特性。



1. 一种用于AC点火系统模块的多路复用驱动电路,包括:
  - 公共支线,所述公共支线包括串联耦合的两个开关;
  - 一条或多条专用支线,其中每条专用支线包括串联耦合的两个开关;
  - 用于所述一条或多条专用支线中的每一条专用支线的非中心抽头变压器,每个变压器具有耦合在所述一条或多条专用支线中的一条支线与所述公共支线之间的初级绕组,其中每个变压器具有与火花塞并联耦合的次级绕组;
  - 脉宽调制(PWM)开关控制器,所述脉宽调制(PWM)开关控制器被配置为操作公共支线开关和专用支线开关以控制所述火花塞的火花放电特性,
  - 其中所述公共支线中的所述两个开关中的一个开关与每条专用支线中的所述两个开关中的一个开关成对地工作,所述公共支线中的所述两个开关中的另一个开关与所述每条专用支线中的所述两个开关中的另一个开关成对地工作,并且运行在与所述公共支线中的所述两个开关中的所述一个开关和所述每条专用支线中的所述两个开关中的所述一个开关相反的状态上,
  - 其中所述开关控制器使用高频脉宽调制,其中控制共享开关和专用开关包括:控制多个所述火花塞的火花放电特性;
  - 其中所述控制器被配置为在发生火花放电的同时改变特定火花放电的特性,
  - 其中每个变压器具有109微亨的初级电感、以及3.7亨的次级电感,
  - 其中每个变压器具有28微亨的初级漏电感、以及0.95亨的次级漏电感,并且
  - 其中每个变压器具有0.8630的初级耦合因数、以及0.8630的次级耦合因数。
2. 根据权利要求1所述的多路复用驱动电路,其中所述一条或多条专用支线包括两条专用支线。
3. 根据权利要求1所述的多路复用驱动电路,其中所述一条或多条专用支线包括三条专用支线。
4. 根据权利要求1所述的多路复用驱动电路,还包括DC-DC升压变换器,所述DC-DC升压变换器被配置为提供电能以产生火花放电。
5. 根据权利要求1所述的多路复用驱动电路,其中所述开关是N-沟道FET和MOSFET中的一种。
6. 根据权利要求5所述的多路复用驱动电路,每个开关都与二极管反并联耦合。
7. 根据权利要求1所述的多路复用驱动电路,其中火花放电时间被编程为具有0.1毫秒至4毫秒的持续时间,次级绕组电流幅值被编程为具有50毫安至1000毫安的范围。
8. 根据权利要求1所述的多路复用驱动电路,其中,随着输出电流水平从300mA(rms)变为65mA(rms),每个变压器以12kHz到55kHz的频率进行振荡。
9. 根据权利要求1所述的多路复用驱动电路,其中操作所述公共支线开关和所述专用支线开关以生成流经每个所述次级绕组的交流电流。
10. 根据权利要求1所述的多路复用驱动电路,其中通过打开火花塞的两个公共支线开关和两个专用支线开关来终止该火花塞中的火花放电。
11. 一种用于AC点火系统模块的多路复用驱动电路,包括:
  - 公共支线,所述公共支线包括串联耦合的两个开关;
  - 一条或多条专用支线,其中每条专用支线包括串联耦合的两个开关;

用于所述一条或多条专用支线中的每一条专用支线的非中心抽头变压器,每个变压器具有耦合在所述一条或多条专用支线中的一条支路与所述公共支线之间的初级绕组,其中每个变压器具有与火花塞并联耦合的次级绕组;

脉宽调制(PWM)开关控制器,所述脉宽调制(PWM)开关控制器被配置为操作公共支线开关和专用支线开关以控制所述火花塞的火花放电特性,

其中所述公共支线中的所述两个开关中的一个开关与每条专用支线中的所述两个开关中的一个开关成对地工作,所述公共支线中的所述两个开关中的另一个开关与所述每条专用支线中的所述两个开关中的另一个开关成对地工作,并且运行在与所述公共支线中的所述两个开关中的所述一个开关和所述每条专用支线中的所述两个开关中的所述一个开关相反的状态上,

其中所述开关控制器使用高频脉宽调制,其中控制共享开关和专用开关包括:控制多个所述火花塞的火花放电特性;

其中所述控制器被配置为在发生火花放电的同时改变特定火花放电的特性,

其中每个变压器具有246微亨的初级电感、以及8.1亨的次级电感,并且其中每个变压器具有61微亨的初级漏电感、以及2.04亨的次级漏电感,并且

其中每个变压器具有0.8672的初级耦合因数、以及0.8651的次级耦合因数,其中随着输出电流水平从300mA(rms)变为65mA(rms),每个变压器以5kHz到29kHz的频率进行振荡。

12.根据权利要求11所述的多路复用驱动电路,其中所述一条或多条专用支线包括两条专用支线。

13.根据权利要求11所述的多路复用驱动电路,其中所述一条或多条专用支线包括三条专用支线。

14.根据权利要求11所述的多路复用驱动电路,还包括DC-DC升压变换器,所述DC-DC升压变换器被配置为提供电能以产生火花放电。

15.根据权利要求11所述的多路复用驱动电路,其中所述开关是N-沟道FET和MOSFET中的一种。

16.根据权利要求15所述的多路复用驱动电路,每个开关都与二极管反并联耦合。

17.根据权利要求11所述的多路复用驱动电路,其中火花放电时间被编程为具有0.1毫秒至4毫秒的持续时间,次级绕组电流幅值被编程为具有50毫安至1000毫安的范围。

18.根据权利要求11所述的多路复用驱动电路,其中操作所述公共支线开关和所述专用支线开关以生成流经每个所述次级绕组的交流电流。

19.根据权利要求11所述的多路复用驱动电路,其中通过打开火花塞的两个公共支线开关和两个专用支线开关来终止该火花塞中的火花放电。

20.一种可编程AC点火系统模块,包括:

DC电力总线;

多个火花塞,每个火花塞耦合至相应非中心抽头变压器的次级绕组,其中每个变压器包括具有第一端子的初级绕组,所述第一端子耦合在相应一对串联耦合的专用开关之间;

串联耦合的一对共享开关,其中每个初级绕组的第二端子耦合在所述共享开关之间;

其中所述共享开关和每个所述专用开关耦合至所述DC总线;以及

可编程控制器,所述可编程控制器被配置为利用脉宽调制来操作所述共享开关和专用

开关,其中控制所述共享开关和所述专用开关包括:控制所述多个火花塞的火花放电特性,其中所述一对共享开关中的一个开关与所述一对串联耦合的专用开关中的一个开关成对地工作,所述一对共享开关中的另一个开关与所述一对串联耦合的专用开关中的另一个开关成对地工作,并且运行在与所述一对共享开关中的所述一个开关和所述一对串联耦合的专用开关中的所述一个开关相反的状态上,

其中所述控制器利用高频脉宽调制来控制所述共享开关和所述专用开关,并且其中所述控制器被配置为在发生火花放电的同时改变特定火花放电的特性,

其中每个变压器具有109微亨的初级电感、以及3.7亨的次级电感,并且其中每个变压器具有28微亨的初级漏电感、以及0.95亨的次级漏电感,并且

其中每个变压器具有0.8630的初级耦合因数、以及0.8630的次级耦合因数,并且其中随着输出电流水平从300mA(rms)变为65mA(rms),每个变压器以12kHz到55kHz的频率进行振荡。

21.根据权利要求20所述的AC点火系统模块,还包括被配置为向所述DC总线输出DC电压的升压变换器。

22.根据权利要求20所述的AC点火系统模块,其中控制所述火花放电特性包括:对电流幅值和火花放电周期进行独立控制。

23.根据权利要求20所述的AC点火系统模块,其中所述共享开关和所述专用开关是MOSFET,并且其中每个MOSFET反并联耦合至二极管。

24.根据权利要求20所述的AC点火系统模块,其中所述共享开关耦合至至少两个变压器的初级绕组。

25.根据权利要求20所述的AC点火系统模块,其中所述共享开关耦合至至少三个变压器的初级绕组。

26.根据权利要求20所述的AC点火系统模块,其中所述共享开关和所述专用开关是IGBT,并且其中每个IGBT反并联耦合至二极管。

27.根据权利要求26所述的AC点火系统模块,其中火花放电时间被编程为具有0.1毫秒至4毫秒的持续时间。

28.一种可编程AC点火系统模块,包括:

DC电力总线;

多个火花塞,每个火花塞耦合至相应非中心抽头变压器的次级绕组,其中每个变压器包括具有第一端子的初级绕组,所述第一端子耦合在相应一对串联耦合的专用开关之间;

串联耦合的一对共享开关,其中每个初级绕组的第二端子耦合在所述共享开关之间;

其中所述共享开关和每个所述专用开关耦合至所述DC总线;以及

可编程控制器,所述可编程控制器被配置为利用脉宽调制来操作所述共享开关和专用开关,其中控制所述共享开关和所述专用开关包括:控制所述多个火花塞的火花放电特性,

其中所述一对共享开关中的一个开关与所述一对串联耦合的专用开关中的一个开关成对地工作,所述一对共享开关中的另一个开关与所述一对串联耦合的专用开关中的另一个开关成对地工作,并且运行在与所述一对共享开关中的所述一个开关和所述一对串联耦合的专用开关中的所述一个开关相反的状态上,

其中所述控制器利用高频脉宽调制来控制所述共享开关和所述专用开关,并且其中所

述控制器被配置为在发生火花放电的同时改变特定火花放电的特性，

其中每个变压器具有246微亨的初级电感、以及8.11亨的次级电感，

其中每个变压器具有61微亨的初级漏电感、以及2.04亨的次级漏电感，并且

其中每个变压器具有0.8672的初级耦合因数、以及0.8651的次级耦合因数。

29. 根据权利要求28所述的AC点火系统模块，还包括被配置为向所述DC总线输出DC电压的升压变换器。

30. 根据权利要求28所述的AC点火系统模块，其中控制所述火花放电特性包括：对电流幅值和火花放电周期进行独立控制。

31. 根据权利要求28所述的AC点火系统模块，其中所述共享开关和所述专用开关是MOSFET，并且其中每个MOSFET反并联耦合至二极管。

32. 根据权利要求28所述的AC点火系统模块，其中所述共享开关耦合至至少两个变压器的初级绕组。

33. 根据权利要求28所述的AC点火系统模块，其中所述共享开关耦合至至少三个变压器的初级绕组。

34. 根据权利要求28所述的AC点火系统模块，其中随着输出电流水平从300mA(rms)变为65mA(rms)，每个变压器以5kHz到29kHz的频率进行振荡。

35. 根据权利要求28所述的AC点火系统模块，其中所述共享开关和所述专用开关是IGBT，并且其中每个IGBT反并联耦合至二极管。

36. 根据权利要求35所述的AC点火系统模块，其中火花放电时间被编程为具有0.1毫秒至4毫秒的持续时间。

37. 一种16通道点火系统，包括：

四个三通道点火系统模块以及两个双通道点火系统模块，其中每个点火系统模块包括：

DC电力总线；

多个火花塞，每个火花塞耦合至相应非中心抽头变压器的次级绕组，其中每个变压器包括具有第一端子的初级绕组，所述第一端子耦合在相应一对串联耦合的专用开关之间；

串联耦合的一对共享开关，其中每个初级绕组的第二端子耦合在所述共享开关之间；

其中所述共享开关和每个所述专用开关耦合至所述DC总线；以及

可编程控制器，所述可编程控制器被配置为利用脉宽调制来操作所述共享开关和所述专用开关，其中控制所述共享开关和所述专用开关包括：控制所述多个火花塞的火花放电特性，

其中所述一对共享开关中的一个开关与所述一对串联耦合的专用开关中的一个开关成对地工作，所述一对共享开关中的另一个开关与所述一对串联耦合的专用开关中的另一个开关成对地工作，并且运行在与所述一对共享开关中的所述一个开关和所述一对串联耦合的专用开关中的所述一个开关相反的状态上，

其中所述控制器利用高频脉宽调制来控制所述共享开关和所述专用开关，并且其中所述控制器被配置为在发生火花放电的同时改变特定火花放电的特性，

其中每个变压器具有109微亨的初级电感、以及3.7亨的次级电感，并且其中每个变压器具有28微亨的初级漏电感、以及0.95亨的次级漏电感，并且

其中每个变压器具有0.8630的初级耦合因数、以及0.8630的次级耦合因数,并且其中随着输出电流水平从300mA(rms)变为65mA(rms),每个变压器以12kHz到55kHz的频率进行振荡。

38.根据权利要求37所述的16通道点火系统,其中所述可编程控制器是FPGA。

39.根据权利要求37所述的16通道点火系统,其中所述系统具有32个专用开关和12个共享开关。

40.一种16通道点火系统,包括:

四个三通道点火系统模块以及两个双通道点火系统模块,其中每个点火系统模块包括:

DC电力总线;

多个火花塞,每个火花塞耦合至相应非中心抽头变压器的次级绕组,其中每个变压器包括具有第一端子的初级绕组,所述第一端子耦合在相应一对串联耦合的专用开关之间;

串联耦合的一对共享开关,其中每个初级绕组的第二端子耦合在所述共享开关之间;

其中所述共享开关和每个所述专用开关耦合至所述DC总线;以及

可编程控制器,所述可编程控制器被配置为利用脉宽调制来操作所述共享开关和所述专用开关,其中控制所述共享开关和所述专用开关包括:控制所述多个火花塞的火花放电特性,

其中所述一对共享开关中的一个开关与所述一对串联耦合的专用开关中的一个开关成对地工作,所述一对共享开关中的另一个开关与所述一对串联耦合的专用开关中的另一个开关成对地工作,并且运行在与所述一对共享开关中的所述一个开关和所述一对串联耦合的专用开关中的所述一个开关相反的状态上,

其中所述控制器利用高频脉宽调制来控制所述共享开关和所述专用开关,并且其中所述控制器被配置为在发生火花放电的同时改变特定火花放电的特性,

其中每个变压器具有246微亨的初级电感、以及8.11亨的次级电感,

其中每个变压器具有61微亨的初级漏电感、以及2.04亨的次级漏电感,并且

其中每个变压器具有0.8672的初级耦合因数、以及0.8651的次级耦合因数。

41.根据权利要求40所述的16通道点火系统,其中所述可编程控制器是FPGA。

42.根据权利要求40所述的16通道点火系统,其中所述系统具有32个专用开关和12个共享开关。

## 用于AC点火系统的多路复用驱动电路

### 技术领域

[0001] 本发明总体上涉及用于内燃机的点火系统,更具体而言,涉及使用火花塞的内燃机的点火系统。

### 背景技术

[0002] 通常,内燃机包括火花塞以及火花产生点火电路以便点燃发动机汽缸内的空气-燃料混合物。一些发动机采用附接到旋转飞轮上的永磁体以在充电线圈上产生电压。在典型的电容放电系统中,来自低压电池的电能被馈送至电源,所述电源将其升高为电容器上的更高电压,所述电容器提供引起火花塞的火花隙上的电火花所需的电压。电容器将其能量转移至点火线圈的初级绕组以及点火线圈的磁芯。能量从点火线圈次级绕组中被提取,直到电容器和磁芯不能提供足够的能量为止。在电感系统中,能量从初级线圈中的低压电池获取。当线圈初级绕组中的电流被中断时,产生回扫(flyback)现象,这引起次级绕组的击穿并且经由次级绕组提取来自点火线圈磁芯中的能量。无论在电容放电点火系统还是在电感点火系统中,能量都通过点火线圈初级绕组在时间 $T_1$ 处的电流传送给点火线圈的磁芯。在其后的时间 $T_2$ ,存储在磁芯中的能量产生点火线圈次级电压和电流。改变次级绕组的开路电压(OCV)、电流幅值(CA)和火花持续时间(SD)这些特性的能力都与线圈磁芯中存储的能量的变化有关。但是,一旦能量被置于磁芯中,次级绕组的特性很大程度上已被预先确定,无论次级负荷如何,并且在下次点火前不能被改变。

[0003] 对于给定的电感或电容放电线圈设计,OCV、CA和SD与存储的能量直接成比例。随着磁芯中存储的能量增加,这三项值都增加。这些系统中最大的约束是开路电压。该参数应当总是足够大以可靠地引发火花。因此存在一些需要施加至线圈以使得能够可靠地产生火花的最小能量。对于典型的电感和电容放电点火系统来说,OCV在25-40kV的数量级。这限制了通过调节能量施加而获得的CA和SD可调节量。另外,CA和SD必须都增大或减小。在传统的电感或电容放电线圈设计中,这些参数无法单独调节。为了改变点火系统的整体响应,通常需要改变线圈设计。而且通常来说,对于给定的线圈设计,对不同的发动机工作条件,OCV、CA和SD之间的关系无法达到最优化。

[0004] 作为电容放电和电感点火系统的替代方式,一些发动机系统采用交流电点火(AC)系统。在AC点火系统中,交流电通常由DC-AC变换器产生。有几种可以用于这种系统的变换器。例如,示例性AC点火系统包括变压器,该变压器具有中心抽头初级线圈和与火花塞连接的次级线圈。通过使电容器向中心抽头初级线圈的一个绕组放电,可以在火花塞处产生电弧。初级线圈的两端都与开关或晶体管连接。开关可以在导通和关断之间切换以改变初级线圈中电流的方向,从而改变次级线圈中电流的方向。可以通过有利于CA或SD周期的调节的方式实现对这些开关的控制。

[0005] 然而,AC点火系统通常比电容放电和电感系统使用更多的功率半导体器件,例如开关和二极管。或者替代性地,AC点火要求点火线圈的绕组数量多于两个,例如中心抽头线圈初级构造。通常,随着线圈复杂度的减小,对功率半导体的使用增加,反之亦然。由于额外

的部件以及复杂性增大导致更多可能发生故障,这使得AC点火系统的构造成本变高,可靠性变低。另外,很多AC点火系统无法允许次级线圈电流的精确实时控制,而次级线圈电流的实时控制确定了火花放电的特性。

[0006] 因此期望具有一种交流点火系统,该系统采用比传统交流电点火系统更少的部件,因此构造成本更低,并且能对简单的两绕组点火线圈点火。还期望具有一种点火系统,与传统的电感、电容放电或交流点火系统相比,该点火系统实现对SD和CA的更高精确度的实时控制。

[0007] 本发明的实施例提供这样一种交流点火系统。本发明的这些和其它优点,以及其它创造性特征,将通过本发明提供的如下描述变得显而易见。

### 发明内容

[0008] 一方面,本发明的实施例提供一种用于AC点火系统的多路复用驱动电路,其具有公共支线(leg),该公共支线包括两个串联耦合的开关,以及一条或多条专用支线,其中每条专用支线包括两个串联耦合的开关。该AC点火系统还包括用于所述一条或多条专用支线中的每一条的变压器(具有两绕组点火线圈),每个变压器具有耦合在所述一条或多条专用支线中的一条和公共支线之间的初级绕组。另外,每个变压器具有并联耦合至火花塞的次级绕组。所述AC点火系统还包括脉宽调制(PWM)开关控制器,其被配置为操作公共支线和专用支线开关以控制火花塞的火花放电特性。

[0009] 另一方面,本发明的实施例提供一种可编程AC点火系统,其包括DC电力总线,多个火花塞,每个火花塞耦合至相应变压器的次级绕组。每个变压器包括具有第一端子的初级绕组,所述第一端子耦合在相应一对串联耦合的专用开关之间。所述可编程AC点火系统还具有有一对串联耦合的共享开关,其中每个初级绕组的第二端子耦合在共享开关之间,其中所述共享开关和专用开关中的每一个都耦合到DC总线。此外,所述AC点火系统还具有可编程控制器,其被配置为利用脉宽调制操作共享开关和专用开关,其中控制共享和专用开关包括控制多个火花塞的火花放电特性。

[0010] 通过下面结合附图给出的详细描述,本发明的其它方面、目的和优点将变得更显而易见。

### 附图说明

[0011] 并入并且构成说明书一部分的附图与说明书一起示出了本发明的几个方面,用于解释本发明的原理。在附图中:

[0012] 图1是根据本发明实施例具有多路复用驱动电路的AC点火系统的示意图;以及

[0013] 图2A和2B是示出了图1中点火系统的示例性操作期间的基本电压和电流波形的时序图;

[0014] 图3是根据本发明实施例具有多路复用驱动电路的16通道AC点火系统的方框图。

[0015] 尽管结合某些优选实施例来描述本发明,但是本发明并不限于这些实施例。相反地,本发明旨在覆盖所附权利要求所限定的发明的精神和范围内所包括的所有替代、变型和等同物。

## 具体实施方式

[0016] 图1示出了根据本发明实施例的示例性交流(AC)点火系统模块100,其具有多路复用驱动电路101。点火系统模块100可以被配置为3通道,也就是说,耦合至三个火花塞,或者被配置为两通道模块,也就是说,耦合至两个火花塞,该点火系统模块包括共享或公共支线102,该支线102具有串联耦合的两个开关S2,104和S3,106。第一专用支线108具有串联耦合的两个开关S4,110和S5,112。第一点火线圈或变压器116的初级绕组114的一个端子103耦合在S2,104和S3,106之间,而初级绕组114的另一个端子105耦合在S4,110和S5,112之间。第一变压器116的次级绕组118与第一火花塞120并联耦合。由于本发明的点火线圈不必存储如现有技术点火系统中点火线圈那么多的能量,因此本发明的点火系统能够被配置为利用实质上被设计为作为高压变压器运行而非能量存储装置的点火线圈。

[0017] 第二专用支线122包括串联耦合的两个开关S6,124和S7,126。第二专用支线122与第一专用支线108和公共支线102并联耦合。第二点火线圈或变压器130的初级绕组128的第一端子121耦合在S2,104和S3,106之间,而初级绕组128的第二端子123耦合在S6,124和S7,126之间。第二变压器130的次级绕组132与第二火花塞134并联耦合。

[0018] 在本发明的替代3通道实施例中,第三专用支线136(以虚线示出)包括两个串联耦合的开关S8,138和S9,140。第三变压器144(以虚线示出)的初级绕组142的一个端子131耦合在开关S2,104和S3,106之间,而初级绕组142的另一端子133连接在开关S8,138和S9,140之间。第三变压器144的次级绕组146与第三火花塞148并联耦合。

[0019] 通过下文的描述将更为清楚,公共支线102也被称作共享或公共支线,因为它可以耦合至点火系统中火花塞的变压器的一个以上的初级绕组。公共支线102和三条专用支线108,122,136中的每一个都并联耦合。相反地,每条专用支线108,122,136耦合至变压器的不同初级绕组连接。每个初级绕组都耦合至不同的火花塞。

[0020] 在一个实施例中,开关是N-沟道场效应晶体管(FET)。在另一实施例中,开关是金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET),在另一实施例中,开关是绝缘栅双极型晶体管(IGBT)。然而,应该意识到根据本发明实施例中也可以采用其它类型的开关。在本发明的又一实施例中,一个或多个开关中的每一个都具有反并联耦合的二极管。

[0021] 脉宽调制(PWM)开关控制器150耦合至电流感测电阻器152和中性线154,该中性线154连接至专用支线108、122、136的公共支线102的公共端子。在本发明的实施例中,PWM开关控制器150实现为现场可编程门阵列(FPGA)。当开关是MOSFET或IGBT晶体管时,PWM开关控制器150耦合至晶体管的栅极以控制开关操作。另外,PWM开关控制器150可以被配置用于高频操作,例如5-55千赫兹。开关控制器150的高频操作实现对初级绕组电流水平的精确控制。初级绕组和次级绕组之间高的耦合因数意味着初级绕组电流的精确控制导致次级绕组电流的精确和实时控制。次级电流的这种控制使得火花放电特性例如CA和SD的控制成为可能。因此,PWM开关控制器150被配置为在发生发电的同时改变用于特定火花塞放电的这些参数。

[0022] 在本发明的实施例中,用于产生火花的电能是从DC-DC升压变换器162的DC电力总线160汲取的。升压变换器162包括控制器164,其操作开关S1 166。通过开关S1 166的控制,控制器164调节输出电压,也就是说,调节升压变换器162的DC电力总线160的电压。电池168

向电感器170供应电流。与电池168相对的电感器端子171耦合至二极管172并且耦合至开关S1 166。开关S1 166又耦合至电流感测电阻器173并且耦合至控制器164。与电感器170相对的二极管端子175耦合至电容器174、DC电力总线160以及电压反馈线177,所述反馈线路177耦合至控制器164。

[0023] 在本发明的示范性实施例中,电池168供应24伏直流电,其在DC电力总线160被升压至大约185伏。利用脉宽调制对开关S1 166进行调制从而产生预定的平均电流 $I_L$ 。电流 $I_L$ 的AC波动分量(例如,大约 $\pm 6$ 安培)小于DC分量(例如,大约 $\pm 34$ 安培)。当升压变换器运行时电流 $I_L$ 是持续恒定的电流。当升压变换器162运行时,在S1调制期间开关S1 166关断时,电流 $I_L$ 通过二极管172向电容器174提供成组(packet)的电流。这些成组的电流流入电容器174以提高电容器174上的电压。控制器164利用电压反馈线177在预定电压水平(例如,185伏)关断升压变换器162。此时,S1调制将停止,开关S1 166将处于打开状态。电流 $I_L$ 将开始减小为零。当电压 $V_{boost}$ 减小到第二预定水平时,升压变换器162将再次接通,高频S1调制将被再次触发,从而通过电感器170引发合适的DC电流 $I_L$ ,以在DC总线上保持稳定的185伏电压。

[0024] 为了控制火花塞120的火花特性,开关S2 104和S5 112成对地工作。它们要么都接通要么都断开。开关S3 106和S4 110也成对地工作,它们运行在与开关S2 104和S5 112的状态相反的状态。开关S3 106和S4 110的接通引起第一火花塞120的火花塞间隙的初始电离。在示例性的实施例中,变压器116、130、144的初级绕组与次级绕组匝数比大约为1:180。当S3 106和S4 110接通时,DC电力总线160上185伏的电压施加在初级绕组114上。这在次级绕组118上产生高压。当火花塞间隙两端的电压( $V_{SP}$ )足够高(例如,从5到40千伏)时,火花塞间隙将发生电离。此时,火花塞间隙看起来不再像是开路,而更像齐纳二极管。只要变压器116的次级绕组118能够超过火花塞间隙的齐纳电压,或保持电压,火花间隙将保持被电离而且火花放电将持续。火花放电期间火花塞间隙的保持电压将下降,将 $V_{SP}$ 减小到300伏到3000伏之间的电压。 $V_{SP}$ 的极性由电流流动方向来确定。

[0025] 与上述方式相同,开关S2 104和S7 126成对地工作,要么都接通要么都断开。开关S3 106和S6 124也成对地工作,运行在与开关S2 104和S7 126的状态相反的状态。开关S2 104、S7 126、S3 106和S6 124一起工作以控制第二火花塞134的火花放电特性。类似地,开关S2 104和S9 140(虚线示出)成对地工作,要么都接通要么都断开。开关S3 106和S8 138(虚线示出)也成对地工作,运行在与开关S2 104和S9 140的状态相反的状态。开关S2 104、S9 140、S3 106和S8 138一起工作以控制第三火花塞148的火花放电特性。

[0026] 在AC点火系统工作期间,当开关S2 104和S5 112接通(即,闭合)时电流 $I_P$ 流过初级绕组114。当 $I_P$ 达到预定水平时(例如,30到150安培),开关控制器150断开开关S2 104和S5 112,同时接通开关S3 106和S4 110。当开关S3 106和S4 110接通时,流过初级绕组114的电流 $I_P$ 改变方向,从而限定点火系统中的AC操作。开关S3 106和S4 110将保持在接通状态,直到达到同等幅值的预定值,但是与S2 104和S5 112的开关峰值电流极性相反。因此,电流 $I_P$ 具有高频三角波形。流过次级绕组的电流 $I_S$ 与初级绕组电流 $I_P$ 具有相同的波形和相位,但是具有基于初级绕组与次级绕组的匝数比的比例。

[0027] 变压器116、130、144具有与典型点火线圈绕组有关的低电感初级和次级绕组。在图1中,三个变压器的初级和次级绕组的低电感实现了初级绕组电流和次级绕组电流的紧

密耦合。低电感还实现对初级绕组和次级绕组电流的精确控制。通过精确地控制初级绕组电流,次级绕组电流也得以被精确地控制。

[0028] 在本发明的示例性实施例中,变压器的初级电感为大约109微亨,次级电感为大约3.7亨,初级漏电感为大约28微亨,次级漏电感为大约0.95亨。另外,变压器的初级耦合因数为大约0.8630,次级耦合比为大约0.8630,匝数比为大约184比1。流过变压器初级和次级绕组的电流随时间的变化率由漏电感或耦合因数确定。耦合因数能够由如下公式确定:

$$[0029] \quad 1-k^2=L_{PS}/L_P=L_{SP}/L_S, \quad (1)$$

[0030] 其中k是耦合因数, $L_P$ 是次级开路时的初级电感, $L_S$ 是初级开路时的次级电感, $L_{PS}$ 是次级短路时(初级泄漏)的初级电感, $L_{SP}$ 是初级短路时(次级泄漏)的次级电感。对于给定的电流设定这设定了振荡频率。随着电流值的增大,频率减小。当与185伏标称总线耦合时,随着输出电流水平从300mA(rms)减小到65mA(rms),该变压器的振荡频率为大约12kHz到55kHz。关于本发明所说的电感和耦合因数,“大约”定义为上下25%,因为很多因素能够影响这些值,包括绕组间电容、趋肤效应、临近效应、测量方法和产品波动。

[0031] 在本发明的另一示例性实施例中,变压器的初级电感为大约246微亨,次级电感为大约8.11亨,初级漏电感为大约61微亨,次级漏电感为大约2.04亨。另外,变压器的初级耦合因数为大约0.8672,次级耦合比为大约0.8651,匝数比为大约182比1。当耦合到185伏标称总线时,随着输出电流水平从300mA(rms)减小到65mA(rms),该变压器的振荡频率为大约5kHz到29kHz。

[0032] 图2A和2B是示出了图1的点火系统模块100期望操作期间的基本电压和电流波形的时序图。 $I_L$ 波形202示出了流至升压变换器输入电流。在这种模拟输出中小的波动不明显。注意到 $I_L$ 等于零时准时关闭。当电压 $V_{boost}$ 减小到低于180伏时, $I_L$ 开始导通,甚至在火花关闭的1毫秒时间点后 $I_L$ 仍持续导通。直到 $V_{boost}$ 返回185伏,电流 $I_L$ 都流动。

[0033]  $V_{boost}$ 波形204示出了升压变换器的185伏DC输出电压。在点火事件的重负荷期间有一些电压暂降。但是,这种方案的基本概念是电压 $V_{boost}$ 为恒定值。模拟示出的电压暂降是非理想的或实用供电设计选择的结果。

[0034]  $Cur\_Cmd$ 波形206示出了用于初级电流 $I_P$ 的AC幅值命令。注意到电流 $I_P$ 的峰值对应于 $Cur\_Cmd$ 的轨迹。还注意到 $Cur\_Cmd$ 几乎可被即时地改变,如图2A和2B所示,其对应且几乎即时地响应于 $I_P$ 。

[0035]  $S_2$ 、 $S_5$ 命令波形208示出了开关 $S_2$  104和 $S_5$  112的状态。当信号是+1(高)时,开关104、112闭合。当信号是-1(低)时,开关104、112打开。 $S_3$ 、 $S_4$ 命令波形210示出了开关 $S_3$  106和110  $S_4$ 的状态。当信号是+1(高)时,开关106、110接通。当信号是-1(低)时,开关106、110断开。应注意 $S_2$ 、 $S_5$ 命令波形208与 $S_3$ 、 $S_4$ 命令波形210的相位不同。

[0036]  $I_P$ 波形212示出了点火线圈初级电流。应注意该电流具有三角AC波形。AC电流的幅值由 $Cur\_Cmd$ 信号确定。AC电流的频率是 $V_{boost}$ 、 $L_P$ 和 $Cur\_Cmd$ 的结果。随着 $Cur\_Cmd$ 幅值的增大,频率随之减小。在击穿期间 $Cur\_Cmd$ 是大约100安培。击穿之后, $Cur\_Cmd$ 变为大约50安培。在600 $\mu$ sec和800 $\mu$ sec处, $Cur\_Cmd$ 变化而且 $I_P$ 相应变化。

[0037]  $V_{SP}$ 波形214示出了火花塞电极处的电压。应注意在该模拟中在大约35千伏时发生击穿。此后, $V_{SP}$ 减小到保持电压,其幅值在该模拟中的幅值为大约1000伏。还应注意到 $V_{SP}$ 的极性由电流 $I_S$ 的方向来确定。

[0038] 电流 $I_s$ 的波形216是 $I_p$ (即,三角波形)的比例反映,其与点火线圈的匝数比相关。电流 $I_s$ 及其即时改变其幅值的能力是图1所示实施例的特征。应注意到,第一负峰值相当高并且跟随Cur\_Cmd波形206。击穿后Cur\_Cmd减小, $I_s$ 的幅值也随之减小。在大约600 $\mu$ sec处, Cur\_Cmd逐步变高,电流 $I_s$ 的幅值也是如此。在大约800 $\mu$ sec处, Cur\_Cmd再次改变,电流 $I_s$ 的幅值也是如此。在大约1000 $\mu$ sec处, Cur\_Cmd变为零, $I_s$ 停止流动。这导致火花的终止。

[0039] 本发明中的火花放电特性的可编程性实现了CA和SD的宽范围选择。例如,本发明的实施例允许火花放电时间被编程为0.1到4.0毫秒的范围,CA被编程为50到1000毫安的范围。这又允许在多个不同的发动机设计和配置中使用单个点火系统。本发明不是为不同发动机点火系统的整个家族进行设计和制造,本发明考虑一种点火系统设计,其能够被编程成为不同的发动机模型工作。

[0040] 这里所述的点火系统的可编程性还有助于系统中所用的火花塞具有较长的寿命。在发动机寿命期间,火花塞的替换对于发动机的整体保养来说是费钱和费时的。在通常的火花塞中,火花塞间隙随着电极的损耗而增大。随着时间的过去,这可能导致击穿电压和保持电压的增大。其它因素,例如能够随着发动机负荷而增大中断(break)平均有效压力,也能够影响缸内状况,其包括发动机运行期间的火花放电特性。用户能够主动地改变能影响火花放电特性的特定发动机参数。一些变化,例如这些变化,可以被开关控制器150检测到,这可以在火花放电期间对火花增加能量,如果需要的话,把火花特性保持在可接受的操作限度内。这通过紧密地耦合初级和次级电流来实现。在本发明的实施例中,能够通过初级电流的控制来实时控制次级电流。

[0041] 在具有16个火花塞的发动机上,例如,多路复用16通道系统通道AC点火系统包括具有32个开关的16条专用支线,并且通常来说,包括具有12个开关的六条公共支线。当开关实现为N沟道FET时,栅极驱动用于把开关控制器的逻辑控制转变为足以操作开关的驱动水平。在一个实施例中,22个半桥驱动器被用于驱动16通道点火系统中的44个FET。每条公共支线耦合至相应升压变换器,所有44个开关可以由一个PWM控制器进行控制。

[0042] 在往复式发动机中,汽缸通常以预定次序点火。相邻的点火之间可能有重叠。这种重叠的可能性随着汽缸数量的增大而增大,随着火花持续时间的增大而增大,发动机更可能具有非对称的点火次序。例如,具有对称点火次序的16缸4冲程发动机每45度输出一次点火,即,720度/16=45度。在1800RPM,1度=92.59微秒,导致的输出是每4.167毫秒点火一次。如果最大火花持续时间是例如2毫秒,点火将没有重叠。

[0043] 但是,在具有15-75非对称点火次序的16缸发动机可以具有这种点火重叠。在1800RPM,这些次序之间间隔为1.39毫秒,其中点火之间间隔为15度。在这种情况下,如果火花持续时间是2毫秒一些重叠是可能的。图3示出了示例性的16通道点火系统300,其具有如图1所示的四个3通道点火系统模块302,其中所述模块包括虚线所示的元件。点火系统300还包括图1所示类型的两个2通道点火系统模块304,其中所述模块不包括虚线所示的元件。这四个3通道点火系统模块302和两个2通道点火系统模块与发动机306中的16个火花塞连接。传统的非多路复用AC点火系统可能需要64个开关(每个火花塞4个)来操作16缸发动机306。但是,点火系统300的多路复用特征允许利用44个开关来操作同一个16缸发动机306。点火系统模块302、304的专用支线采用32个开关,这些模块中的公共支线采用12个开关。公共开关控制器150(图1所示)可以被用于操作所有的44个开关。

[0044] 在这种开关控制器150精确地调节每个变压器初级绕组中的电流水平的设计中,允许独立于SD对CA进行控制,同时保持相同的OCV。另外,本发明的实施例管理实施前述点火系统特征,而不采用高成本的设计模式,即,不采用中心抽头的变压器、高压、高电流半导体、振荡电路、或高能存储点火线圈。

[0045] 通过引用的方式将包括公开物、专利申请和本发明引用的专利的各种参考文件都并入本发明,如同通过引用的方式将每个参考文件独立且具体地并入本发明,以及在本发明中对其所有内容进行了阐述。

[0046] 描述本发明(尤其在所附权利要求的语境中)所使用的术语“一”、“一个”和“所述”以及类似的术语应被理解为同时涵盖单数和复数,除非文字中特别指明或清楚地否定。术语“包括”、“具有”、“包含”和“含有”应被理解为开放术语(即,意味着“包括,但不限于”),除非特别指出。数值范围的引用只是用于作为简写方法,每个单独的值都各自落入所述范围,除非特别指出,每个单独的值都包含在说明书中,就像它们被单独引用一样。本发明所说的所有方法都可以通过任何合适的顺序来实施,除非特别指出,或者文中清楚地否定。任一个以及所有的示例或者示例性语言的使用(例如,“例如”),只是为了更好地说明本发明,而不用来限制发明的范围,除非另有说明。说明书中的任何语言都不应被理解为指示任何不要求保护的部件作为实施本发明的必要因素。

[0047] 在这里已经描述了本发明的优选实施例,包括已知的实施本发明的最佳模式。本领域技术人员在阅读了前述说明书后,对这些优选实施例的变型将很明了。发明人期望技术人员适当采用这些变型,发明人期望以不同于说明书所说的具体方式来实施本发明。因此,本发明包括记载在所附权利要求中限定的主题的所有变型和等同物,如同适用法律所允许的那样。另外,各种可能变型中的上述元素的任意组合都被本发明所包含,除非另有说明或文中有明确的否定。

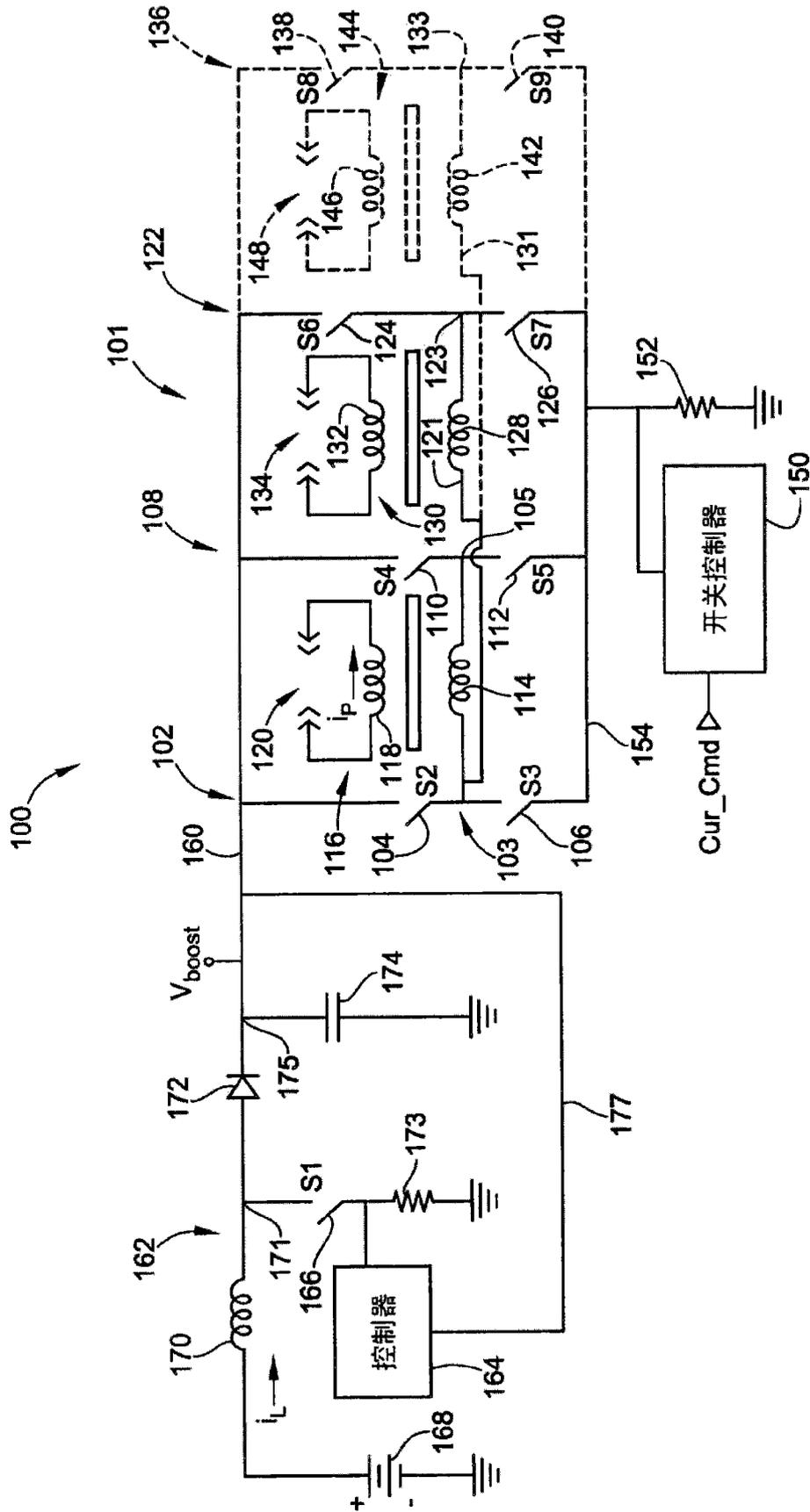


图1

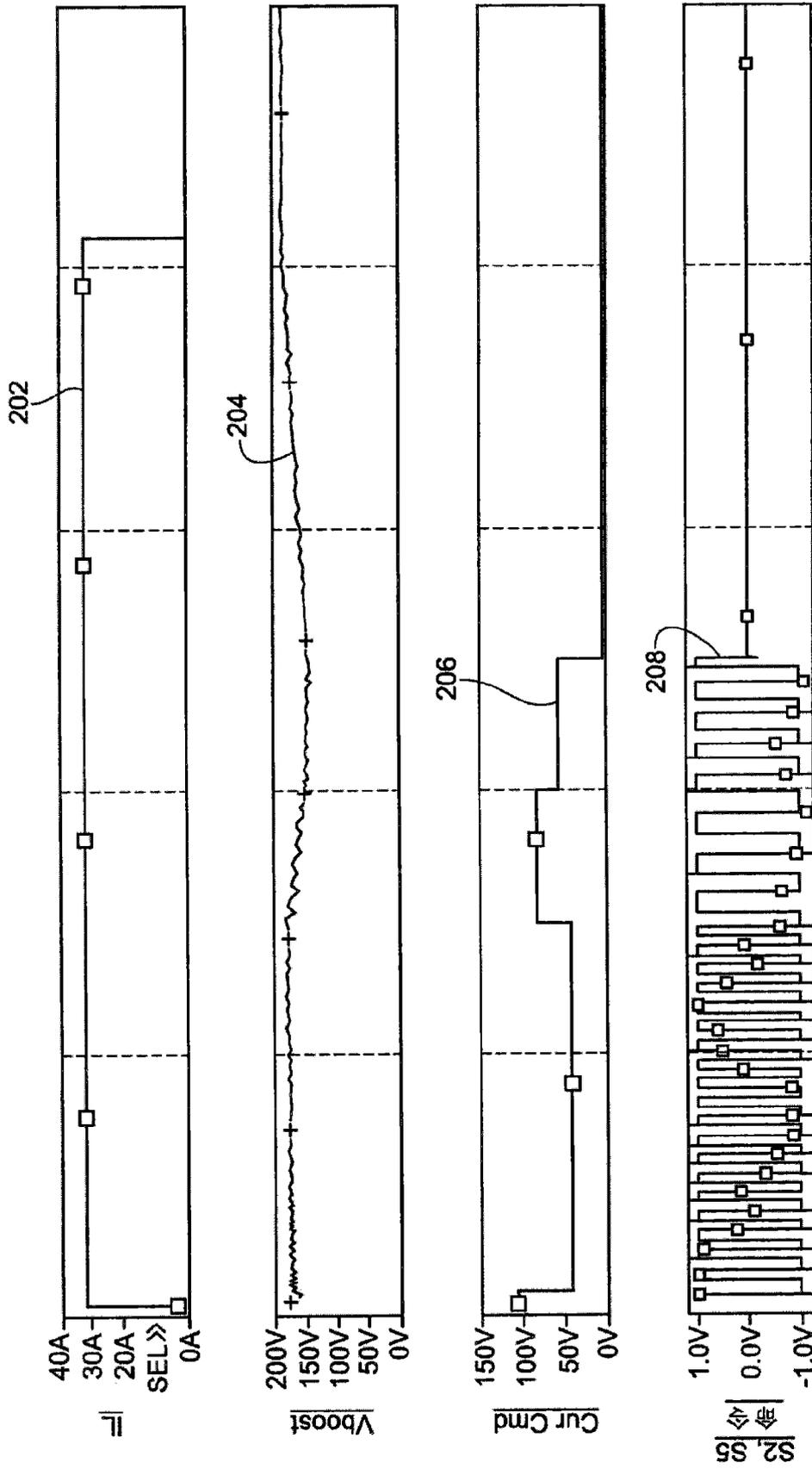


图2A

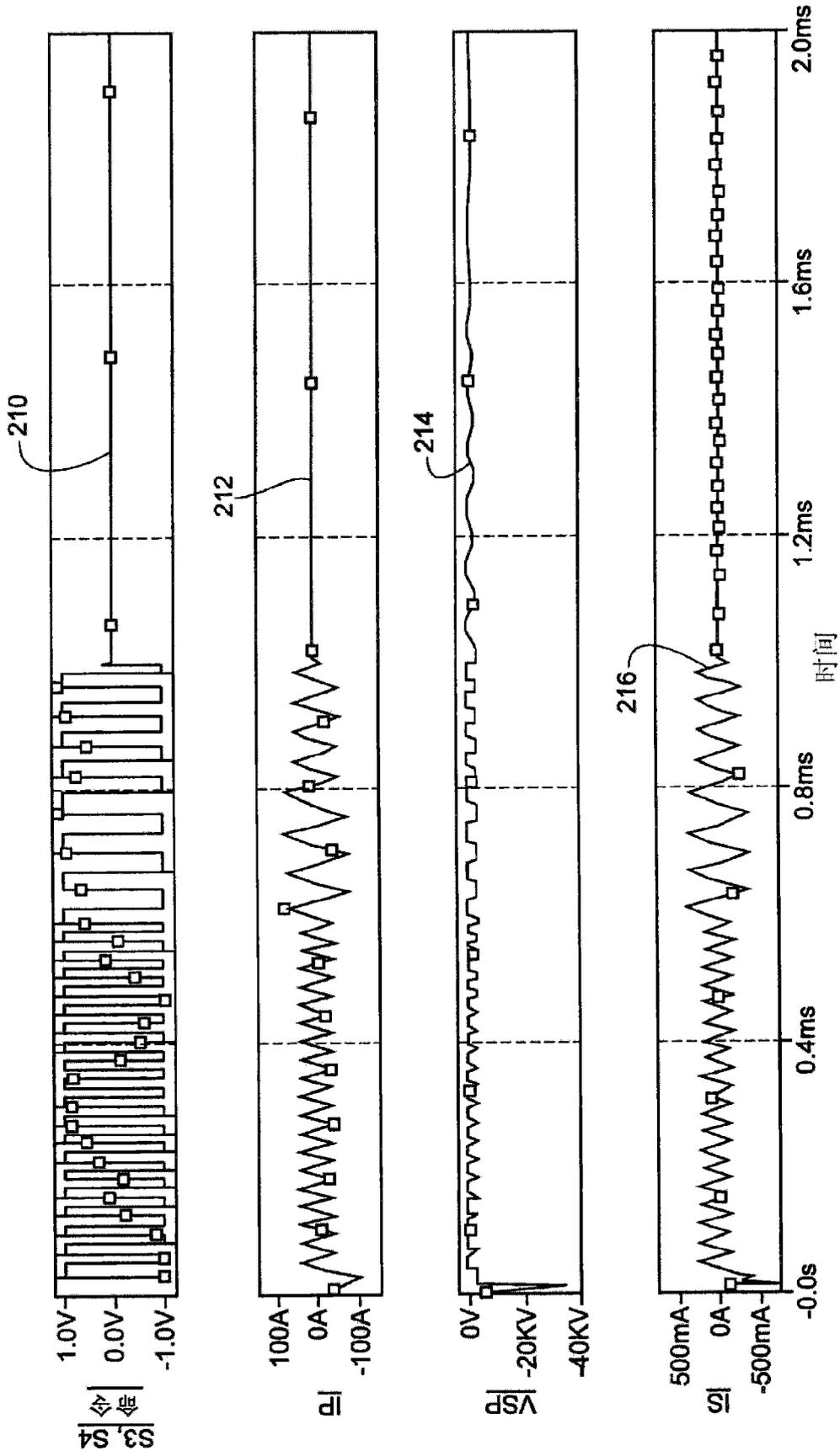


图2B

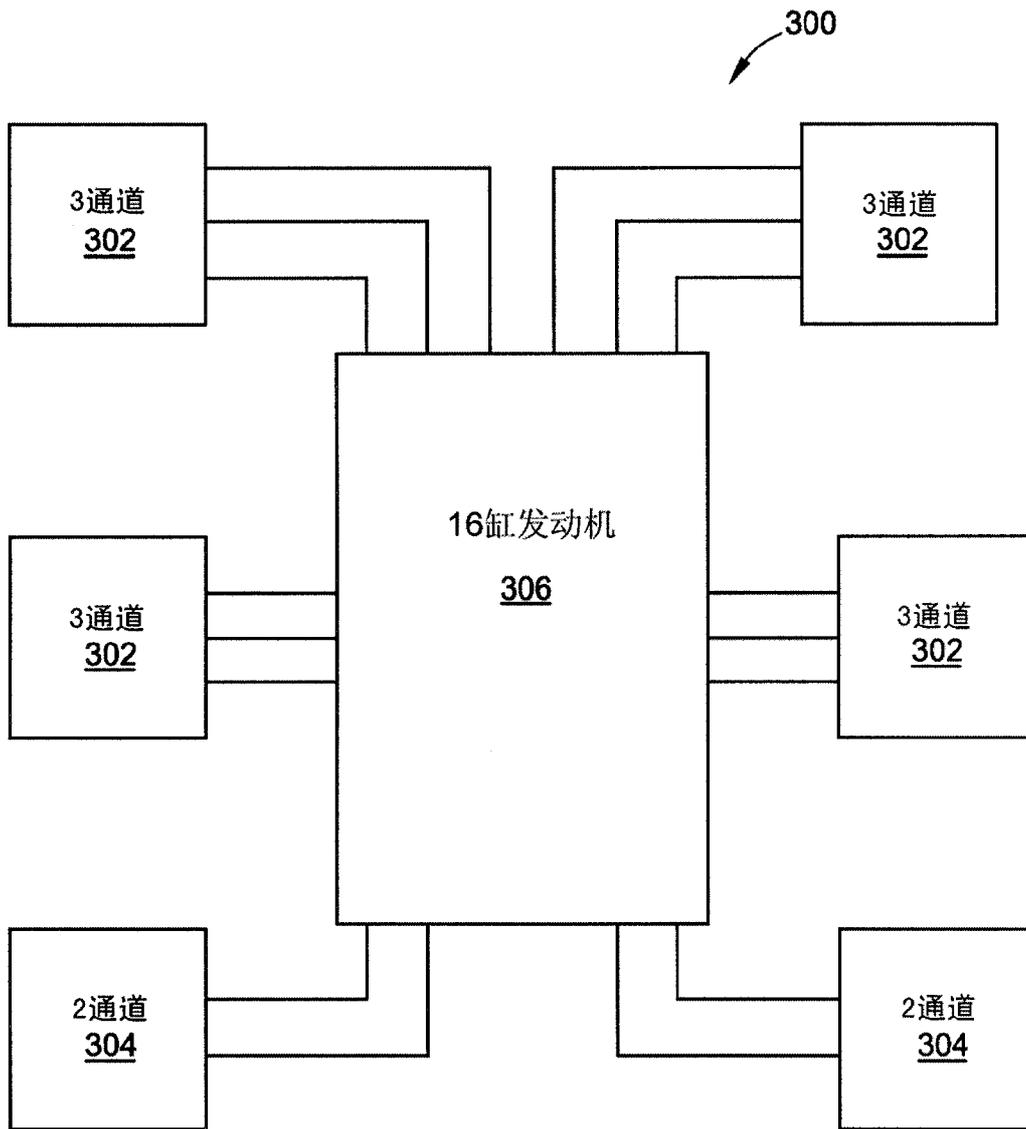


图3