



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110312855 A

(43)申请公布日 2019. 10. 08

(21)申请号 201880012664.6

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

(22)申请日 2018.02.21

代理人 刘雯鑫 杨林森

(30)优先权数据

62/461,595 2017.02.21 US

(51)Int.Cl.

F02D 29/06(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

F02B 43/00(2006.01)

2019.08.19

F02B 63/04(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

H02J 3/38(2006.01)

PCT/US2018/019041 2018.02.21

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/156647 EN 2018.08.30

(71)申请人 发电机微动力公司

地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 贾森·豪-林·埃蒂尔 伊凡·旺

格尔曼·拉科夫

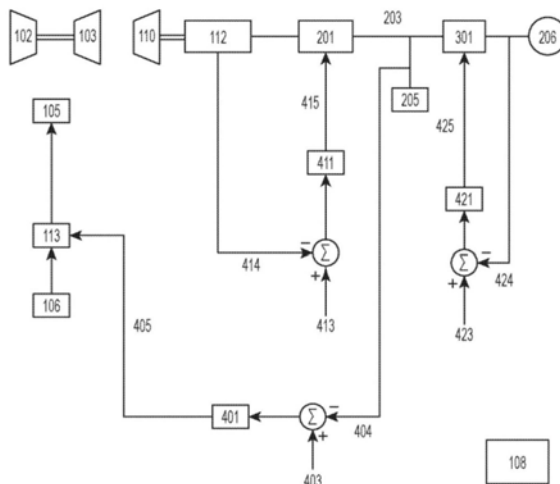
权利要求书3页 说明书22页 附图24页

(54)发明名称

用于基于DC链路电平的发电的燃料流的控制

(57)摘要

本发明公开了发电单元、控制单元和模块化发电系统。发电单元包括发动机-发电机组,所述发动机-发电机组包括产生机械电力的发动机和机械地耦接至发动机的发电机。发电机将机械电力转换成被提供至DC链路的电力。控制单元包括被配置成基于DC链路的电压控制到发动机的燃料流的至少一个控制器。



1. 一种发电单元,包括:
发动机-发电机组,包括:
产生机械电力的发动机;和
耦接至所述发动机的发电机,其中,所述发电机接收来自所述发动机的所述机械电力并且将所述机械电力转换成第一形式的电力;第一电力转换器,其接收来自所述发电机的所述第一形式的电力并且将所述第一形式的电力转换成第二形式的电力;
DC链路,其接收来自所述第一电力转换器的所述第二形式的电力;能量存储单元,其接收来自所述DC链路的所述第二形式的电力;以及
至少一个控制器,其被配置成基于所述DC链路的电压控制到所述发动机的燃料流。
2. 根据权利要求1所述的发电单元,还包括电力输送单元,所述电力输送单元接收来自所述DC链路的所述第二形式的电力,并且将所述第二形式的电力转换成第三形式的电力,并且提供所述第三形式的电力作为所述发电单元的输出。
3. 根据权利要求1所述的发电单元,其中,产生机械电力的所述发动机是燃气涡轮发动机。
4. 根据权利要求3所述的发电单元,其中,所述燃气涡轮发动机是双轴燃气涡轮发动机,所述双轴燃气涡轮发动机包括:
压缩机;
机械地耦接至所述压缩机的第一涡轮机;以及
没有机械地耦接至所述压缩机或所述第一涡轮机的第二涡轮机,
其中,来自所述第一涡轮机的燃气流经所述第二涡轮机并且使所述第二涡轮机旋转以产生所述机械电力。
5. 根据权利要求1所述的发电单元,其中,产生机械电力的所述发动机是往复式发动机。
6. 根据权利要求1所述的发电单元,其中,机械地耦接至所述发动机的所述发电机产生AC电力,并且所述第一电力转换器将所述AC电力转换成DC电力,所述DC电力被提供至所述DC链路。
7. 根据权利要求1所述的发电单元,其中,所述第一电力转换器是AC-DC转换器。
8. 根据权利要求1所述的发电单元,还包括对来自所述DC链路的DC电力进行转换以供应一个或更多个负载的电力输送单元。
9. 根据权利要求8所述的发电单元,其中,所述电力输送单元是DC-AC转换器。
10. 一种用于发电单元的控制单元,所述发电单元包括发动机-发电机组,所述发动机-发电机组包括产生机械电力的发动机和机械地耦接至所述发动机的发电机,其中,所述发电机将所述机械电力转换成被提供至DC链路的电力,所述控制单元包括:
被配置成基于所述DC链路的电压控制到所述发动机的燃料流的至少一个控制器。
11. 根据权利要求10所述的控制单元,其中,所述至少一个控制器通过命令对燃料控制阀的设定点来控制到所述发动机的燃料流。
12. 根据权利要求10所述的控制单元,其中,所述至少一个控制器是控制回路的至少一部分,其中:
所述控制回路获得表示所述DC链路的电压的信号;

所述控制回路基于表示所述DC链路的电压的信号来命令对所述发动机的燃料系统的设定点;并且

所述控制回路将所述DC链路的电压维持在指定的值的范围内。

13. 根据权利要求10所述的控制单元,其中,所述至少一个控制器包括多个控制回路的至少一部分,其中:

第一控制回路获得表示所述DC链路的电压的信号,所述第一控制回路命令发动机速度设定点,并且所述第一控制回路将所述DC链路的电压维持在指定的值的范围内;并且

第二控制回路获得所述发动机速度设定点,所述第二控制回路命令对所述发动机的燃料系统的设定点,并且所述第二控制回路将所述发动机速度维持在由所述第一控制回路所命令的设定点。

14. 根据权利要求10所述的控制单元,其中,所述至少一个控制器被配置成:

控制从所述发电机到所述DC链路的电力输出以调节所述发电机的速度;以及

控制从电力输送单元到负载的电力输出以调节输送至所述负载的所述电力的电压。

15. 一种模块化发电系统,包括:

两个或更多个发动机-发电机组单元,每个发动机-发电机组单元均产生第一形式的电力;

多个第一电力转换器,所述多个第一电力转换器包括用于每个发动机-发电机组的第一电力转换器,每个第一电力转换器被配置成接收来自其相应的发动机-发电机组的第一形式的电力并且将所述第一形式的电力转换成第二形式的电力;

DC链路,其接收来自所述第一电力转换器的所述第二形式的电力;

能量存储单元,其接收来自所述DC链路的所述第二形式的电力;以及

至少一个控制器,其被配置成基于所述DC链路的电压控制到每个发动机-发电机组的燃料流。

16. 根据权利要求15所述的模块化发电系统,还包括一个或更多个电力输送单元,每个电力输送单元被配置成接收来自所述DC链路的所述第二形式的电力,将所述第二形式的电力转换成第三形式的电力,并且提供所述第三形式的电力作为所述模块化发电系统的一个或更多个输出。

17. 根据权利要求15所述的模块化发电系统,其中,所述发动机-发电机组中的至少一个包括燃气涡轮发动机。

18. 根据权利要求17所述的模块化发电系统,其中,所述发动机-发电机组中的至少一个包括双轴燃气涡轮发动机,所述双轴燃气涡轮发动机包括:

压缩机;

机械地耦接至所述压缩机的第一涡轮机;以及

没有机械地耦接至所述压缩机或所述第一涡轮机的第二涡轮机,

其中,来自所述第一涡轮机的燃气流经所述第二涡轮机并且使所述第二涡轮机旋转以产生机械电力。

19. 根据权利要求15所述的模块化发电系统,其中,所述发动机-发电机组中的至少一个包括往复式发动机。

20. 根据权利要求15所述的模块化发电系统,其中,所述发动机-发电机组中的至少一

个产生AC电力,并且每个第一电力转换器将AC电力转换成DC电力,所述DC电力被提供至所述DC链路。

用于基于DC链路电平的发电的燃料流的控制

背景技术

[0001] 发电单元生成用于各种应用的电力。在住宅应用、商业应用或工业应用中发电单元可以消耗一种类型的碳氢化合物燃料并且提供主源电力。发电单元的一个示例包括连接至发电机的柴油往复式发动机。该发动机生成轴电力并且旋转发电机。发电机提供电力。发电单元可以在将电力输送至一个或更多个负载之前例如使用AC-DC转换器和/或变频驱动器(VFD)来另外调节电力。

[0002] 发电单元的另一示例包括耦接至发电机的燃气涡轮发动机。由发电机产生的电力可以例如通过AC-DC转换器、DC-AC转换器或变频驱动器来被另外调节。

发明内容

[0003] 一种发电单元,所述发电单元包括:发动机-发电机组,所述发动机-发电机组包括产生机械电力的发动机和耦接至发动机的发电机,其中,发电机接收来自发动机的机械电力并且将机械电力转换成第一形式的电力;第一电力转换器,其接收来自发电机的第一形式的电力并且将第一形式的电力转换成第二形式的电力;DC链路,其接收来自第一电力转换器的第二形式的电力;能量存储单元,其接收来自DC链路的第二形式的电力;以及至少一个控制器,其被配置成基于DC链路的电压控制到发动机的燃料流。

[0004] 发电单元还可以包括电力输送单元,所述电力输送单元接收来自DC链路的第二形式的电力,并且将第二形式的电力转换成第三形式的电力,并且提供第三形式的电力作为发电单元的输出。

[0005] 产生机械电力的发动机可以是燃气涡轮发动机。

[0006] 燃气涡轮发动机可以是双轴燃气涡轮发动机,所述双轴燃气涡轮发动机包括:压缩机;机械地耦接至压缩机的第一涡轮机;以及没有机械地耦接至压缩机或第一涡轮机的第二涡轮机,其中,来自第一涡轮机的燃气流经第二涡轮机并且使第二涡轮机旋转以产生机械电力。

[0007] 产生机械电力的发动机可以是往复式发动机。

[0008] 机械地耦接至发动机的发电机可以产生AC电力,并且第一电力转换器可以将AC电力转换成DC电力,所述DC电力被提供至DC链路。

[0009] 第一电力转换器可以是AC-DC转换器。

[0010] 电力输送单元可以对来自DC链路的DC电力进行转换以供应一个或更多个负载。

[0011] 电力输送单元可以是DC-AC转换器。

[0012] 一种用于发电单元的控制单元,所述发电单元包括发动机-发电机组,所述发动机-发电机组包括产生机械电力的发动机和机械地耦接至发动机的发电机,其中,发电机将机械电力转换成被提供至DC链路的电力,所述控制单元包括:被配置成基于DC链路的电压控制到发动机的燃料流的至少一个控制器。

[0013] 至少一个控制器可以通过命令对燃料控制阀的设定来控制到发动机的燃料流。

[0014] 至少一个控制器可以是控制回路的至少一部分,其中:控制回路获得表示DC链路

的电压的信号;控制回路基于表示DC链路的电压的信号来命令对发动机的燃料系统的设定点;并且控制回路将DC链路的电压维持在指定的值的范围内。

[0015] 至少一个控制器可以包括多个控制回路的至少一部分,其中:第一控制回路获得表示DC链路的电压的信号,第一控制回路命令发动机速度设定点,并且第一控制回路将DC链路的电压维持在指定的值的范围内;并且第二控制回路获得发动机速度设定点,第二控制回路命令对发动机的燃料系统的设定点,并且第二控制回路将发动机速度维持在由第一控制回路所命令的设定点。

[0016] 至少一个控制器可以被配置成:控制从发电机到DC链路的电力输出以调节发电机的速度;以及控制从电力输送单元到负载的电力输出以调节输送至负载的电力的电压。

[0017] 一种模块化发电系统,包括:两个或更多个发动机-发电机组单元,每个发动机-发电机组单元均产生第一形式的电力;多个第一电力转换器,所述第一电力转换器包括用于每个发动机-发电机组的第一电力转换器,每个第一电力转换器被配置成接收来自其相应的发动机-发电机组的第一形式的电力并且将第一形式的电力转换成第二形式的电力;DC链路,其接收来自第一电力转换器的第二形式的电力;能量存储单元,其接收来自DC链路的第二形式的电力;以及至少一个控制器,其被配置成基于DC链路的电压控制到每个发动机-发电机组的燃料流。

[0018] 模块化发电系统还可以包括一个或更多个电力输送单元,每个电力输送单元被配置成接收来自DC链路的第二形式的电力,将第二形式的电力转换成第三形式的电力,并且提供第三形式的电力作为模块化发电系统的一个或更多个输出。

[0019] 发动机-发电机组中的至少一个可以包括燃气涡轮发动机。

[0020] 发动机-发电机组中的至少一个可以包括双轴燃气涡轮发动机,该双轴燃气涡轮发动机包括:压缩机;机械地耦接至压缩机的第一涡轮机;以及没有机械地耦接至压缩机或第一涡轮机的第二涡轮机,其中,来自第一涡轮机的燃气流经第二涡轮机并且使第二涡轮机旋转以产生机械电力。

[0021] 发动机-发电机组中的至少一个可以包括往复式发动机。

[0022] 发动机-发电机组中的至少一个可以产生AC电力,并且每个第一电力转换器将AC电力转换成DC电力,所述DC电力被提供至DC链路。

[0023] 一种发电系统,所述发电系统包括:发动机-发电机组,所述发动机-发电机组包括产生机械电力的发动机和机械地耦接至发动机的发电机,其中,发电机将机械电力转换成电力,其中,所述电力被提供至DC链路。并且发电系统还包括被配置成基于DC链路的电压控制到发动机的燃料流的控制器。

[0024] 产生机械电力的发动机可以是燃气涡轮发动机。

[0025] 产生机械电力的发动机可以是往复式发动机。

[0026] 产生机械电力的发动机可以是柴油燃料发动机。

[0027] 产生机械电力的发动机可以是双轴燃气涡轮发动机,该双轴燃气涡轮发动机包括:压缩机;机械地耦接至压缩机的核心涡轮机;以及没有机械地耦接至压缩机或核心涡轮机的电力涡轮机,其中,来自核心涡轮机的燃气流经电力涡轮机并且使电力涡轮机旋转以产生机械电力。

[0028] 机械地耦接至发动机的发电机可以产生AC电力,并且电力转换器可以将AC电力转

换成DC电力,所述DC电力被提供至DC链路。

[0029] 发电系统还可以包括:第一电力转换器,其将来自发电机的电力转换成被提供至DC链路的DC电力并且控制发动机-发电机组的特性参数;以及电连接至DC链路的能量存储装置。

[0030] 第一电力转换器可以是AC-DC转换器。

[0031] 能量存储装置可以直接连接至DC链路,并且在DC链路和能量存储装置之间可以不存在附加的电力转换器。

[0032] 第一电力转换器可以控制发电机速度。

[0033] 发电系统还可以包括对来自DC链路的DC电力进行转换以供应一个或更多个负载的电力转换器。

[0034] 电力转换器可以是DC-DC转换器。

[0035] 电力转换器可以是DC-AC转换器。

[0036] 电力转换器可以控制输出电压和频率。

[0037] 负载可以包括一个或更多个电动机。

[0038] 一种用于发电系统的控制单元,所述发电系统包括发动机-发电机组,所述发动机-发电机组包括产生机械电力的发动机和机械地耦接至发动机的发电机,其中,发电机将机械电力转换成被提供至DC链路的电力;所述控制单元包括被配置成基于DC链路的电压控制到发动机的燃料流的控制器。

[0039] 控制器可以通过命令对燃料控制阀的设定来控制到发动机的燃料流。

[0040] 控制器可以是控制回路的至少一部分,其中:控制回路获得表示DC链路的电压的信号;控制回路基于表示DC链路的电压的信号来命令对发动机的燃料系统的设定;并且控制回路将DC链路的电压维持在指定的值的范围内。

[0041] 控制器可以包括多个控制回路的至少一部分,其中:第一控制回路获得表示DC链路的电压的信号,第一控制回路命令发动机的参数的设定,并且第一控制回路将DC链路的电压维持在指定的值的范围内;并且第二控制回路获得发动机的参数的设定,第二控制回路命令对发动机的燃料系统的设定,并且第二控制回路将发动机的参数维持在由第一控制回路所命令的设定。

[0042] 发动机的参数可以是速度。

[0043] 一种发电系统,所述发电系统包括:第一发动机-发电机组和第二发动机-发电机组,所述第一发动机-发电机组包括:产生第一机械电力的第一发动机;以及机械地耦接至第一发动机的第一发电机,其中,第一发电机将第一机械电力转换成第一电力,其中,第一电力被提供至共用DC链路;所述第二发动机-发电机组包括:产生第二机械电力的第二发动机;以及机械地耦接至第二发动机的第二发电机,其中,第二发电机将第二机械电力转换成第二电力,其中,第二电力被提供至共用DC链路,并且发电系统还包括被配置成基于共用DC链路的电压来控制到第一发动机和第二发动机的燃料流的至少一个控制器。

[0044] 第一发动机可以是燃气涡轮发动机。

[0045] 第一发动机可以是往复式发动机。

[0046] 第一发动机可以是柴油燃料发动机。

[0047] 第一发动机可以是双轴燃气涡轮发动机,该双轴燃气涡轮发动机包括:压缩机;机

械地耦接至压缩机的核心涡轮机;以及没有机械地耦接至压缩机或核心涡轮机的电力涡轮机,其中,来自核心涡轮机的燃气流经电力涡轮机并且使电力涡轮机旋转以产生机械电力。

[0048] 第一发电机可以产生AC电力,并且电力转换器可以将AC电力转换成DC电力,所述DC电力被提供至共用DC链路。

[0049] 发电系统还可以包括:第一电力转换器,其将来自第一发电机的电力转换成被提供至共用DC链路的DC电力并且控制第一发动机-发电机组的特性参数;以及电连接至共用DC链路的能量存储装置。

[0050] 第一电力转换器可以是AC-DC转换器。

[0051] 能量存储装置可以直接连接至共用DC链路,并且在共用链路和能量存储装置之间可以不存在附加的电力转换器。

[0052] 第一电力转换器可以控制第一发电机的速度。

[0053] 发电系统还可以包括对来自共用DC链路的DC电力进行转换以供应一个或多个负载的电力转换器。

[0054] 电力转换器可以是DC-DC转换器。

[0055] 电力转换器可以是DC-AC转换器。

[0056] 电力转换器可以控制输出电压和频率。

[0057] 负载可以包括一个或多个电动机。

[0058] 一种用于发电系统的控制单元,该发电系统包括第一发动机-发电机组,所述第一发动机-发电机组包括产生第一机械电力的第一发动机和机械地耦接至第一发动机的第一发电机,其中,第一发电机将第一机械电力转换成第一电力,其中,第一电力被提供至共用DC链路。该发电系统还包括第二发动机-发电机组,所述第二发动机-发电机组包括产生第二机械电力的第二发动机和机械地耦接至第二发动机的第二发电机,其中,第二发电机将第二机械电力转换成第二电力,其中,第二电力被提供至共用DC链路。控制单元包括被配置成基于共用DC链路的电压控制到第一发动机和第二发动机的燃料流的至少一个控制器。

[0059] 至少一个控制器可以通过命令对燃料控制阀的设定来控制到第一发动机的燃料流。

[0060] 至少一个控制器可以是控制回路的至少一部分,其中:控制回路获得表示共用DC链路的电压的信号;控制回路基于表示共用DC链路的电压的信号来命令对第一发动机的燃料系统的设定;并且控制回路将共用DC链路的电压维持在指定的值的范围内。

[0061] 至少一个控制器可以包括多个控制回路的至少一部分,其中:第一控制回路获得表示共用DC链路的电压的信号,第一控制回路命令第一发动机的参数的设定,并且第一控制回路将共用DC链路的电压维持在指定的值的范围内;并且第二控制回路获得第一发动机的参数的设定,第二控制回路命令对第一发动机的燃料系统的设定,并且第二控制回路将第一发动机的参数维持在由第一控制回路所命令的设定。

[0062] 第一发动机的参数可以是第一发动机的速度。

[0063] 一种发电系统,包括:将燃料转换成电力并且将该电力提供至DC链路的装置;以及被配置成基于DC链路的能量存储水平来控制到所述装置的燃料流的控制器。

[0064] 该装置可以包括燃料电池或发动机-发电机组。

[0065] 该装置可以包括燃料电池,并且发电系统还包括将来自燃料电池的第一DC电力转

换成被供应至DC链路的第二DC电力的DC-DC转换器。

[0066] DC链路的能量存储水平可以是DC链路的电压。

[0067] 一种用于发电系统的控制单元,该发电系统包括将燃料转换成电力并且将该电力提供至DC链路的装置,该控制单元包括被配置成基于DC链路的能量存储水平来控制到发动机的燃料流的控制器。

[0068] 一种发电系统,包括:第一装置,其将燃料转换成第一电力并且将第一电力提供至共用DC链路;第二装置,其将燃料转换成第二电力并且将第二电力提供至共用DC链路;以及至少一个控制器,其被配置成基于DC链路的能量存储水平来控制到第一装置和第二装置的燃料流。

[0069] 第一装置可以包括燃料电池或发动机-发电机组,并且第二装置包括燃料电池或发动机-发电机组。

[0070] 一种用于发电系统的控制单元,该发电系统包括:第一装置,其将燃料转换成第一电力并且将第一电力提供至共用DC链路;以及第二装置,其将燃料转换成第二电力并且将第二电力提供至共用DC链路。该控制单元包括被配置成基于DC链路的能量存储水平来控制到第一装置和第二装置的燃料流的至少一个控制器。

[0071] 一种发电方法,包括:使用发电装置将燃料转换成电力;将所述电力提供至DC链路;以及基于DC链路的能量存储水平来控制到所述装置的燃料流。

[0072] 一种发电方法,包括:使用第一发电装置将燃料转换成第一电力;使用第二发电装置将燃料转换成第二电力;将第一电力和第二电力提供至共用DC链路;以及基于DC链路的能量存储水平来控制到第一发电装置和第二发电装置的燃料流。

[0073] 一种发电单元,包括:电力产生单元,其产生第一形式的电力;第一电力转换器,其接收来自电力产生单元的第一形式的电力并且将第一形式的电力转换成第二形式的电力;能量存储单元,其接收来自第一电力转换器的第二形式的电力;电力输送单元,其接收来自能量存储单元的第二形式的电力并且将第二形式的电力转换成第三形式的电力;传感器,其对和由电力产生单元所生成的电力与由电力输送单元所输送的电力之间的不匹配相关的发电单元的参数进行测量;以及控制器,其被配置成基于所测量的参数控制电力产生单元的电力输出。

[0074] 一种用于根据权利要求9所述的发电单元的控制系统的控制,该控制系统包括:第一控制器,其控制从电力产生单元到能量存储单元的电力输出以调节电力产生单元的一个参数;第二控制器,其控制从电力输送单元到负载的电力输出以调节输送至负载的电力的电压;以及第三控制器,其控制至电力产生单元的输入以调节所测量的参数,该所测量的参数指示由电力产生单元所生成的电力与由电力输送单元所输送的电力之间的不匹配,其中所述输入调制电力产生单元的电力输出。

[0075] 一种模块化发电系统,包括:两个或更多个电力产生单元,每个电力产生单元产生第一形式的电力;用于每个电力产生单元的一个第一电力转换器,每个第一电力转换器接收来自其相应的电力产生单元的第一形式的电力,并且将第一形式的电力转换成第二形式的电力;能量存储单元,其接收来自所有电力产生单元的第二形式的电力;一个或更多个电力输送单元,每个电力输送单元接收来自能量存储单元的第二形式的电力并且将第二形式的电力转换成第三形式的电力,并且提供第三形式的电力作为发电单元的一个或更多个输

出;以及控制器,其被配置成基于所测量的参数控制到每个电力产生单元的输入,该所测量的参数指示由电力产生单元所生成的电力与由电力输送单元所输送的电力之间的不匹配,其中到每个电力产生单元的输入调整电力产生单元的电力输出。

[0076] 一种用于模块化发电系统的控制系统,该控制系统包括:用于每个第一电力转换器的第一控制器,该第一控制器控制从模块化发电系统的电力产生单元到能量存储单元的电力输出以调节模块化发电系统的电力产生单元的一个参数;用于每个电力输送单元的第二控制器,该第二控制器控制从模块化发电系统的电力输送单元到负载的电力输出以调节输送至负载的电力的电压,以及第三控制器,其基于所测量的参数控制到每个电力产生单元的输入,该所测量的参数指示由电力产生单元所生成的电力与由电力输送单元所输送的电力之间的不匹配,其中到每个电力产生单元的输入调整该电力产生单元的电力输出。

[0077] 前述发明内容是以说明的方式提供的,并且不意在进行限制。

附图说明

[0078] 在附图中,在各个附图中示出的每个相同或几乎相同的部件由相同的附图标记表示。为了清楚起见,并非每个部件都会在每个附图中进行标注。附图不一定按比例绘制,而是将重点放在对本文所描述的技术和装置的各个方面进行说明上。

[0079] 图1示出了燃气涡轮发动机和发电机;

[0080] 图2示出了包括燃气涡轮发动机、发电机、第一电力转换器、DC链路和能量存储单元的发电单元;

[0081] 图3示出了包括燃气涡轮发动机、发电机、第一电力转换器、DC链路、能量存储单元和电力输送单元的发电单元;

[0082] 图4示出了发电单元的控制系统;

[0083] 图5A示出了在突然的负载变化下发电单元的瞬变行为;

[0084] 图5B示出了在没有使得发电单元能够达到稳定状态的情况下在突然的负载变化下发电单元的瞬变行为;

[0085] 图5C示出了当控制系统对进入发动机的燃料输入和VFD的频率输出两者进行控制时在突然的负载变化下发电单元的瞬变行为;

[0086] 图6示出了具有用于发动机-发电机组燃料控制的嵌套控制器的发电单元的控制系统;

[0087] 图7示出了响应于燃料变化或负载变化的发电单元的瞬变行为;

[0088] 图8A示出了包括黑启动和辅助的发电单元的电力电子系统的一个实施方式;

[0089] 图8B示出了包括黑启动和辅助的发电单元的电力电子系统的另一实施方式;

[0090] 图9A示出了包括黑启动和辅助的发电单元的电力电子系统的另一实施方式;

[0091] 图9B示出了图9A的电力电子系统在黑启动期间的状态;

[0092] 图9C示出了当燃气涡轮发动机开始对超级电容器进行充电时图9A的电力电子系统的状态;

[0093] 图9D示出了当燃气涡轮发动机开始向DC链路输出电力时图9A的电力电子系统的状态;

[0094] 图9E示出了当燃气涡轮发动机提供运行辅助系统所需的所有电力时图9A的电力

电子系统的状态；

[0095] 图9F示出了当燃气涡轮发动机提供运行辅助系统、对电池进行充电和向负载供电所需的所有电力时图9A的电力电子系统的状态；

[0096] 图10示出了使用能量存储单元作为缓冲器以将电力输送与电力产生分隔开的通用发电单元；

[0097] 图11示出了用于图10的通用发电单元的控制系統；

[0098] 图12示出了用于图10的通用发电单元的另一控制系统；

[0099] 图13示出了具有单个负载的模块化发电系统；

[0100] 图14示出了具有多个电力输送单元的模块化发电系统；

[0101] 图15示出了由于泵的交错引起的具有基本负载和波动负载的多井垫处的示例负载曲线。

具体实施方式

[0102] 存在对更有效地控制发电单元以响应于燃料变化和负载变化的需求。需要这种发电单元的一种应用是使用相关联的石油气向石油生产现场处的设备提供电力的应用。对燃料质量不进行严格控制，并且由于泵送过程因此负载可能突然地或周期性地变化。

[0103] 燃料质量影响发电单元内的发动机的稳定性，并且因为当组分改变时发动机不能处理燃料，因此通常关闭发动机。可以将一些发动机转变成处理不同的燃料，但是效率取决于现场位置和发动机类型。由于燃料质量随时间而变化，因此效率也会随着时间而降低。负载变化还影响发动机稳定性，并且另外影响电力质量。负载的大幅的突然的增加将至少导致电力输出电压和频率的降低，并且可能经常引起小型发动机停转。这些峰值负载经常比平均负载电力汲取高得多（3倍至10倍）。通常，现场工程师需要使用严重超大型的发动机才能满足短时段的高峰负载。就电力质量而言，电力输出电压和频率的突然的降低可能不利地影响诸如电动机的负载的性能，并且还可能导致负载上的机械磨损。可以更好地处理燃料质量或负载的变化的发电单元可以被用于各种工业应用中以使用未精炼良好的燃料来可靠地提供热和电力。这可以有助于在可以以很少的成本至没有成本获取未经加工的燃料的许多应用中降低操作成本和温室气体排放。

[0104] 还需要更加模块化的发电系统，特别是对于希望通过更有效地管理其资产来降低资本成本和操作成本的客户。例如，在油田中，当负载随时间而减少时，操作员希望能够将发动机-发电机组和/或变频驱动器从井中移出，并且将它们安装在需要更多电力的较新的井处。

[0105] 本文公开了发电单元和控制发电单元的控制系統。

[0106] 发电单元包括：产生电力的电力产生单元诸如发动机-发电机组；向负载输送电力的电力输送单元诸如DC-AC转换器；以及将电力产生单元与负载分隔开的能量存储单元，该能量存储单元使得发电单元能够更有效地对在负载或诸如环境温度、环境压力、燃料压力和燃料质量的环境条件下的瞬变进行响应。当负载突然地增加时，电力产生单元诸如发动机-发电机组起初不能产生足够的电力以满足负载。在此瞬变时段期间，能量存储单元可以提供电力输送单元以立即满足负载所需的额外的电力，同时电力产生单元更缓慢地加速以最终在没有能量存储单元帮助的情况下为负载供应足够的电力。

[0107] 控制系统评估能量存储单元中所存储的能量的量,并且控制电力产生单元输出以维持所存储的能量的量。在能量存储单元是超级电容器组的情况下,控制系统评估超级电容器组电压作为所存储的能量的量的指示。在电力产生单元是发动机-发电机组的情况下,控制系统控制进入发动机-发电机组以维持所期望的DC链路电压的燃料流。

[0108] 本文公开的控制可以有效地处理在燃料质量变化或负载变化的情况下的瞬变。控制系统不需要知道何种类型的扰动引起在发电单元的响应中的瞬变。控制系统由于其使用相同的控制方案处理两种类型的扰动,因此控制系统是较鲁棒并且少复杂的。在电力产生单元是发动机-发电机组的情况下,发动机-发电机组应该是燃料灵活的,使得燃烧系统本身可以在燃烧不同的燃料的情况下保持稳定。

[0109] 附加的控制回路可以被嵌套在主发动机-发电机组控制系统内以识别燃料变化与负载变化之间的差异。在一个实施方式中,外部控制回路通过调整发动机速度设定来调节DC链路电压,并且内部控制回路通过调整燃料流来将发动机速度调节至该速度设定点。

[0110] 本文所描述的控制使得发电单元能够在没有负载本身的任何测量、所预期的负载变化的任何预测或基于所预期的负载变化的任何前馈控制逻辑的情况下支持快速瞬变。控制系统也不需要诸如环境温度、环境压力、燃料压力和燃料组分的环境条件的任何测量以支持这些环境条件下的快速瞬变。

[0111] 本文还公开了模块化发电系统,其包括在DC母线处连接在一起的多个电力产生单元诸如发动机-发电机组。这提供了灵活性和增加的模块性。可以在DC母线的端部上将不同尺寸的发动机-发电机组连接在一起,并且可以在DC母线的另一端部上将不同尺寸和不同数目的电力输送单元诸如DC-AC转换器或变频驱动器连接在一起。可以选择发动机-发电机组以满足负载曲线。负载可以由基本负载和可能为基本负载的小部分的波动组成。使用本文所描述的技术,发电系统可以包括大型发动机-发电机组以满足基本负载,并且包括较小的发动机-发电机组以响应于波动。负载可以由大量的单个负载诸如其中每个井都具有泵的多井油垫生成。作为示例,此处用户可以具有两个发动机-发电机组以向驱动五个马达的五个变频驱动器提供电力。客户可以为负载的总标准电力汲取适当地调整发电机的尺寸。具有单独的变频驱动器有助于将负载彼此分隔开,因此突然地接通大负载不会影响其他负载中的电力质量。

[0112] 虽然在AC母线处连接发动机-发电机组似乎可以使得能够更好的模块化,但是这不一定是这种情况。从产品开发方面看,在AC母线处连接发动机-发电机组比较简单,因为这将开发任务(以及随后的产品架构)划分为单独的发动机开发和AC母线控制开发。然而,现代客户需要甚至更大的模块化,特别是在资产管理方面。由于需求随时间而变化,因此客户希望移动发电机和/或周围电力电子器件以满足应用。本公开内容提出了在DC母线处连接发动机的方法,所述方法在发动机部署和电力转换部署两个方面提供了灵活性。

[0113] 发电单元

[0114] 本文公开了发电单元和控制发电单元的控制系统。发电单元包括将发动机与负载分隔开的能量存储单元,使得发电单元能够更容易地响应在负载或包括环境温度、环境压力、燃料压力和燃料质量的环境条件下的瞬变。

[0115] 在本文所公开的一些实施方式中,发电单元包括以下部件:发动机,其生成机械电力;发电机,其接收来自发动机的机械电力并且将机械电力转换成第一形式的电力;第一电

力转换器,其接收来自发电机的第一形式的电力并且将其转换成适合于能量存储的第二形式的电力;以及能量存储单元,其接收来自第一电力转换器的第二形式的电力。发动机和发电机的组合可以被称为发动机-发电机组或简称为发电机组。发电单元还可以具有电力输送单元,该电力输送单元从能量存储单元获取第二形式的电力并且将其转换成终端用户可以使用的第三形式的电力。

[0116] 发电单元的第一实施方式包括以下部件:发动机-发电机组,所述发动机-发电机组包括燃气涡轮发动机和高速永磁发电机;AC/DC转换器(也称为整流器),该AC/DC转换器将发电机AC输出转换成DC;超级电容器组,所述超级电容器组存储来自AC/DC转换器的能量;DC/AC转换器(也称为逆变器),所述DC/AC转换器为端部用户将来自能量存储单元的DC电力转换成AC电力。

[0117] 图1示出了发动机-发电机组的一个实施方式。燃气涡轮发动机(101)包括由第一涡轮轴(104)连接的压缩机(102)和第一涡轮机(103)、燃烧室(105)、未机械地连接至第一涡轮机(103)的第二涡轮机(110)、燃料系统(113)和控制系统(108)。第一涡轮机(103)也可以被称为核心涡轮机。第二涡轮机(110)也可以被称为电力涡轮机。燃气涡轮发动机从环境(121)吸入空气,将空气通过压缩机(102)进行压缩使得离开压缩机的空气(122)处于较高压力并且将该高压空气(122)送入燃烧室(105)。同时,燃料系统(113)从燃料源(106)吸入燃料(107)。用于燃气涡轮发动机的合适的燃料源的示例可以是丙烷罐或燃气管道。将燃料注(109)入燃烧室(105)中,与来自压缩机(102)的高压空气(122)混合,并且在燃烧室内在空气-燃料混合点(123)处点燃。点火器是燃烧室的部分并且在图1中未单独地示出。燃烧后所产生的气体(124)处于高压和高温下,进入第一涡轮机(103)并且向第一涡轮机给予电力。该电力通过共用的第一涡轮轴(104)直接地传送至压缩机(102)并且提供机械电力以维持压缩。虽然离开第一涡轮机的气体(125)处于与之前相比的低压力下但是仍然处于与环境相比的高压力下,并且虽然离开第一涡轮机的气体(125)处于与之前相比的低温度下但是仍然处于与环境相比的高温度下。该气体进入第二涡轮机(110)并且向第二涡轮机给予更多电力,这生成机械轴电力。气体随后离开第二涡轮机并且通常排放(126)至环境中。第二涡轮机通过第二涡轮轴(111)连接至高速永磁发电机(112)。由第二涡轮机(110)生成的机械轴电力通过发电机(112)转换成电力(202)。虽然永磁发电机可以产生多相AC电力,但是本文所描述的技术不限制发动机-发电机组使用高速永磁发电机。也可以使用其他类型的发电机包括感应发电机、AC发电机或DC发电机。

[0118] 在发电机输出第一形式的电力之后,该电力随后可以被转换成可以存储在能量存储单元中的第二形式的电力。图2示出了具有第一电力转换器和能量存储单元的发电单元的一个实施方式。AC-DC转换器(201)接收来自发电机(112)的第一形式的AC电力(202),并且将该电力转换成在DC链路(203)处可利用的DC电力。在一些应用中,在DC链路(203)处的电力可以被直接地输送至负载(206)。能量存储单元(205)与DC链路(203)并联连接。在该实施方式中,能量存储单元(205)是超级电容器。通常,能量存储单元可以是不同类型的装置诸如飞轮或者不同类型的装置的组合。能量存储单元(205)增加了发电单元快速响应在负载(206)中或在诸如环境压力、环境温度、燃料压力和燃料质量的环境条件下的瞬变的能力。能量存储单元电力流是双向的。在超级电容器能量存储单元的情况下,不需要附加的设备并且不需要主动控制来实现双向电力流入和流出能量存储单元。如果来自燃气涡轮发动

机的电力超过负载(206)所需的电力,则电力可以从AC-DC转换器(201)流入(207)能量存储单元(205)。如果来自燃气涡轮发动机的电力不足以完全地供应负载(206),则电力可以从能量存储单元(205)流至(208)负载(206)。虽然图2中所描述的实施方式包括从发电机接收电力(202)并且将电力输送至DC链路(203)的单向AC-DC转换器(201),但是本文所描述的实施方式不限于使用单向AC-DC转换器。AC-DC转换器(201)也可以是双向的,在这种情况下,AC-DC转换器(201)可以从诸如能量存储单元(205)或电池组的DC源接收电力并且当第一次启动燃气涡轮发动机时将电力传送至发电机(112)以转动发电机(112)。

[0119] 对于许多类型的负载,包括需要AC电力的马达和需要具有经调节的电压的DC电力的装置,在DC链路之后可能需要附加的电力调节。可以将电力输送单元添加至DC链路以实现附加的电力调节。图3示出了还包括电力输送单元的发电单元的一个实施方式。电力输送单元(301)接收来自DC链路(203)的电力并且将DC电力转换成更适合于特定应用中的特定负载的另一形式。然后将该电力输送至负载(206)。负载可以是简单的电阻性负载或者负载可以是感应性的或电容性的或者是3种类型的负载的任何组合。电力输送单元(301)可以是DC-AC转换器,该DC-AC转换器接收来自DC链路(203)的电力并且将DC电力转换成AC电力,该AC电力然后被输送至负载(206)。许多商业应用和工业应用通常使用AC电力来驱动负载。例如,在美国,AC电力可以是120V单相60Hz、240V分相60Hz或480V三相60Hz。在这些应用中,DC-AC转换器可以被配置成将电压和频率两者严格地控制至由应用所确定的固定值,并且输送必要的电流以驱动负载。在一些应用中,负载可以是再生的并且可以安装双向电力输送单元以使得从负载回流的能量可以存储在能量存储单元(205)中。

[0120] 电力输送单元也可以是可以被配置成严格地控制DC输出电压的DC-DC转换器。可以使用这种配置的一个应用是向管道提供具有受控DC电压的电力以用于阴极保护的发电单元。

[0121] 电力输送单元也可以是接收来自DC链路的DC电力并且控制输出AC电力的电压和频率两者的变频驱动器(VFD)。典型的商业成品VFD接收AC电力,将该AC电力整流成DC电力,并且然后再将该DC电力转换成所期望的电压和频率的AC电力。然而,VFD也可以直接连接至DC电压源。该配置比典型的商业成品VFD少执行一个电力转换步骤,并且结果是电效率将更高。使VFD内置在发电单元中的另一优点是使得发电单元的控制系統能够控制负载,这可能有利于在正常运行时间至关重要的应用中对潜在的过载情况进行管理。例如,如果马达上的负载增加至高于发电单元的容量,则控制系统可以降低马达的速度以减小负载。在没有这种能力的情况下,发电单元可能会停转并且关闭。存在其中以部分电力运行负载比完全地关闭负载更好的许多应用诸如远程石油站点和远程天然气站点。

[0122] 用于发电单元的控制系統

[0123] 图4描述了用于发电单元的控制系統。发电单元具有以下主要部件。燃气涡轮发动机包括燃烧室(105)、第二涡轮机(110)和连接至第一涡轮机(103)的压缩机(102)。燃气涡轮发动机的第二涡轮机(110)连接至发电机(112)。燃气涡轮发动机和发电机形成发动机-发电机组。燃料系統(113)将燃料从燃料源(106)输送至燃烧室(105)。燃气涡轮发动机使用燃料在电力涡轮机(110)处产生机械轴电力。该轴电力在发电机(112)处被转换成电力。该电力通过第一电力转换器(201)——在这种情况下为AC-DC转换器——被进一步转换成DC电力,并且使DC电力在DC链路(203)处是可用的。能量存储单元(205)与DC链路(203)并联连

接。电力输送单元(301)将来自DC链路的DC电力转换成更适合于负载(206)的电力。

[0124] 控制系统(108)包括控制发电单元的各种部件的各种控制回路。图4中示出了三个不同的控制回路。

[0125] 第一电力转换器控制器(411)——在这种情况下为AC-DC转换器控制器——管控发电机(112)的速度。预定的发电机速度设定点(413)被传送至AC-DC转换器(412)。该设定点可以在发动机运行期间保持恒定或可以是可变的。AC-DC转换器控制器评估所测量的发电机速度(414)并且向AC-DC转换器(201)发送控制信号(415)。控制信号(415)命令AC-DC转换器将来自发电机(112)的一定量的电力输送至DC链路(203)以便将发电机速度(414)维持在速度设定点(413)处。AC-DC转换器中的高速电力电子器件可以非常有效地调节发电机速度(414),使得发电机速度(414)与速度设定点(413)之间的偏差可以低于1%。AC-DC转换器不控制DC电压输出或DC电流输出。AC-DC转换器的输出电压与DC链路(203)处的现有电压匹配,并且输出电流是将发电机速度(414)维持在所期望的设定点(413)处所需的量。能量存储单元(205)的电容可以远高于AC-DC转换器的输出电容和电力输送单元的输入电容,在这种情况下,在DC链路(203)处的电压将主要通过能量存储单元(205)的状态来确定。

[0126] 电力输送单元控制器(421)管控输送至负载(206)的电力。电力输送单元控制器(421)接收预定的输出电压设定点(423)。电力输送单元控制器评估所测量的输出电压(424)并且向电力输送单元(301)发送控制信号(425)。控制信号(425)命令电力输送单元(301)向负载输出一定量的电力,使得输出电压(424)维持在所期望的设定点(423)处。在电力输送单元(301)是DC-AC转换器的情况下,还测量输出的频率并且将其控制至频率设定点。通常将频率控制为50Hz或60Hz的固定值。在电力输送单元(301)是VFD的情况下,输出的频率被控制至所期望的频率设定点,该所期望的频率设定点可以根据特定应用随时间而变化。在所有情况下,电压设定点和频率设定点由应用中的负载确定。

[0127] 燃料控制器(401)管控输送至燃烧室(105)的燃料的量。燃料控制器(401)评估所测量的DC链路电压(404)并且将所测量的DC链路电压(404)与DC链路电压设定点(403)进行比较。燃料控制器向燃料系统(113)发送控制信号(405)。控制信号(405)命令燃料系统(113)改变输送至燃烧室(105)的燃料的量以便将DC链路电压维持在DC链路电压设定点(403)附近。

[0128] 燃料控制器(401)可以是但不限于PID控制器。此外,燃料控制器(401)可以是允许DC链路电压设定点(403)与实际DC链路电压(404)之间的相对大的偏差的慢动作控制器。例如,电压设定点可以是350V,但是燃料控制回路可以允许实际DC链路电压为250V与480V之间的任何值。对于许多应用来说,允许DC链路电压与标准设定点的偏差是有利的,因为这减小了燃气涡轮发动机需要响应负载或环境条件变化所处的速度。较慢的响应时间有助于减少燃气涡轮发动机部件上的机械应力和热应力。对于给定的能量存储容量,增加发动机响应速度意味着较少的电力流入和流出能量存储单元,这意味着DC链路电压与标准设定点的偏差较小。通过允许与标准设定点的较大偏差,发动机可以较慢地响应于变化。

[0129] 图5A描述了输送至负载的电力(501)、由发动机-发电机组产生的电力(502)和DC链路电压(503)的瞬变行为。请注意,附图不按比例绘制。

[0130] 在图5A的左侧处,发电单元处于稳定状态,并且燃气涡轮发动机生成足够的电力来供应负载。在504处负载突然地增加。虽然没有命令燃气涡轮发动机加速以满足负载,但

是电力输送单元直接通过使用能量存储单元弥补电力不足 (505) 来满足负载。能量存储单元放电并且引起电压在DC链路处下降 (506)。此时,燃料控制器觉察到电压下降并且命令更多燃料进入燃烧室。这使燃气涡轮发动机加速并且发动机开始产生更多电力 (507)。由于能量存储单元不那么快的放电,因此这减慢了DC链路电压的下降 (508)。最终,燃气涡轮发动机在不需要来自能量存储单元的任何电力的情况下满足负载 (509)。燃料控制器将进一步增加到燃气涡轮发动机的燃料,使得燃气涡轮发动机电力输出超过负载的电力输出 (510) 以便使能量存储单元充电返回至标准DC链路电压。当能量存储单元再充电时,如由返回至标准值的DC链路电压 (511) 所指示的,燃料控制器将减少到燃气涡轮发动机的燃料,使得燃气涡轮发动机电力输出与负载的电力输出匹配 (512)。

[0131] 在负载突然地下降时出现类似但相反的行为。在513处负载突然地减小。虽然没有命令燃气涡轮发动机减速以满足负载,但是电力输送单元直接通过使用能量存储单元存储过多电力 (514) 来满足负载。能量存储单元充满电压并且引起电压在DC链路处上升 (515)。此时,燃料控制器觉察到电压上升并且命令较少的燃料进入燃烧室。这使燃气涡轮发动机减速并且发动机开始产生较少电力 (516)。由于能量存储单元不那么快的填充,因此这减慢了DC链路电压的上升 (517)。最终,燃气涡轮发动机在不需要来自能量存储单元的任何电力的情况下满足负载 (518)。燃料控制器将进一步减少到燃气涡轮发动机的燃料,使得燃气涡轮发动机电力输出低于负载的电力输出 (519) 以便使能量存储单元放电返回至标准DC链路电压。当能量存储单元放电时,如由返回至标准值的DC链路电压 (520) 所指示的,燃料控制器将增加到燃气涡轮发动机的燃料,使得燃气涡轮发动机电力输出与负载的电力输出匹配 (521)。

[0132] 虽然图5A描述了发电单元和控制系统从负载的扰动到稳定状态的行为,但是参数不需要达到稳定状态来使控制系统适当地解决负载中的瞬变。图5B描述了在没有使得任何参数能够达到稳定状态的情况下在负载的快速变化下的输送至负载的电力 (531)、由发动机-发电机组产生的电力 (532) 和DC链路电压 (533) 的瞬变行为。请注意,附图不按比例绘制。在图5B的左侧,发电单元处于稳定状态,并且燃气涡轮发动机生成足够的电力来供应负载。在534处负载突然地增加。虽然没有命令燃气涡轮发动机加速以满足负载,但是电力输送单元直接通过使用能量存储单元弥补电力不足来满足负载。能量存储单元放电并且引起电压在DC链路处下降 (535)。此时,燃料控制器觉察到电压下降并且命令较多燃料进入燃烧室。这使燃气涡轮发动机加速并且发动机开始产生较多电力 (536)。由于能量存储单元不那么快的放电,因此这减慢了DC链路电压的下降 (508)。在537之前,如由发动机电力低于负载所示,发动机没有跟上负载。在537处,负载突然地减小,并且由于发动机现在产生比负载正在消耗的电力多的电力,因此过多电力存储在能量存储单元中并且DC链路电压上升 (538)。然后控制系统开始减少发动机电力输出 (539),这减慢了DC链路电压的上升 (540)。就在541之前,如由发动机电力高于负载所示,发动机没有跟上负载。在541处,负载突然地增加,并且由于发动机现在产生比负载正在消耗的电力少的电力,因此能量存储单元弥补了短缺并且DC链路电压下降 (542)。此处的行为类似于在点534处的行为。如果负载以相同模式无限地循环,则循环行为可以无限地重复。

[0133] 能量存储单元直接地连结至DC链路,并且DC链路有意地被允许基于能量存储单元的充电和放电而与标准值偏离。由于DC链路电压是可变的,因此AC-DC转换器应该能够向DC

链路输送在一定电压范围内的电力,电力输送单元应该能够从DC链路接收在一定电压范围内的电力,并且能量存储单元应该能够向DC链路输送在所期望的电压范围内的电力或从DC链路接收在所期望的电压范围内的电力。在一个实施方式中,由于电力输送单元可以接收250VDC至432VDC输入,因此发电单元中的DC链路电压仅可以在250VDC与432VDC之间变化。在另一实施方式中,虽然电力输送单元可以接收250VDC至500VDC输入,但是由于电容器组被限制在480VDC以下,因此DC链路电压仅可以在250VDC与480VDC之间变化。

[0134] 可以通过确定能量存储单元的大小并且设定燃料控制回路的控制参数诸如PID增益来控制DC链路电压与标准设定点的偏差的量。可以通过增加能量存储单元的容量来减小与设定点的电压偏差,这减小了对于所存储的能量的给定单元的电压变化。应该确定能量存储单元的大小使得能量存储单元具有足够的容量来响应瞬变,同时允许DC链路电压保持在AC-DC转换器输出和电力输送单元输入的可接受的电压范围内。在超级电容器能量存储单元的情况下,容量与DC链路电压的平方直接相关。

[0135] 本文所描述的系统使得发电单元能够在无需负载本身的任何测量、所预期的负载变化的任何预测或基于所预期的负载变化的任何前馈控制逻辑的情况下支持快速瞬变。然而,负载特性的知识可以使得发电单元的设计更有效。例如,如果负载具有完全正弦电力汲取,则燃气涡轮发动机理想地应该始终以等于正弦电力汲取的平均值的稳定状态电力输出来运行,并且能量存储单元应该满足在没有使得DC链路电压与标准设定点偏离太远的情况下的所有与平均值的负载变化。在了解到负载可预测地是正弦的情况下,虽然这种行为是理想的,但是通过调整燃料控制器以具有非常慢的响应时间可以在实际实现方式中接近这种行为。另外,在控制系统中可以实施机器学习算法以预期负载曲线或环境条件中的变化,并且在机器操作时可以调整燃料控制器参数诸如PID增益以解决这些预期变化。

[0136] 正弦负载的示例还说明了大小调整方法可以应用于任何通用应用。对于特定应用,燃气涡轮发动机和AC-DC转换器可以针对平均负载确定大小,电力输送单元(其向负载输送电力)可以针对峰值负载确定大小,并且能量存储单元可以将大小确定成使得DC链路电压偏差不落在AC-DC转换器或电力输送单元的可接受范围之外。

[0137] 图4的实施方式对电力输出不进行主动地控制,即电力输出不用作任何控制回路中的设定点。控制系统被动地并且直接地满足负载的电力需求,并且燃料控制回路缓慢地调节固有地具有高惯性的参数,这使得发电单元能够在不在发动机上施加过多的压力的情况下缓慢地响应瞬变。

[0138] 发电单元及其控制系统使用能量存储单元作为缓冲器以将发动机与负载隔离开。传统的发电单元诸如耦接至AC发电机的往复式发动机经常受到突然的负载变化的不利影响。负载的突然的增加可能在发电机上施加过大的扭矩并且导致发动机停转。发动机与负载之间的隔离意味着只要控制系统解决被能量存储缓冲器允许的时间期限内的变化,则负载就对发动机没有即时影响。

[0139] 在电力输送单元是VFD的情况下,控制系统还可以通过控制VFD的频率设定来控制负载。例如,当VFD驱动马达时,可以通过降低AC电力输出的频率和使马达减速来减小马达负载。图5C描述了当控制系统对输入至发动机的燃料和VFD的频率输出两者进行控制时的情况。图5C示出了输送至负载的电力(548)、由发动机-发电机组产生的电力(549)和DC链路电压(550)的瞬变行为。请注意,附图不按比例绘制。在图5C的左侧处,发电单元处于稳定

状态。在551处负载突然地增加。虽然没有命令燃气涡轮发动机加速以满足负载,但是电力输送单元直接通过使用能量存储单元弥补电力不足(552)来满足负载。能量存储单元放电并且引起电压在DC链路处下降(553)。此时,燃料控制器觉察到电压下降并且命令较多燃料进入燃烧室。这使燃气涡轮发动机加速并且发动机开始产生较多电力(554)。由于能量存储单元不那么快的放电,因此这减慢了DC链路电压的下降(555)。然而,燃气涡轮发动机电力输出达到最大阈值(556)。此时,控制系统开始使VFD的频率设定点降低,这导致负载减小(557)。最终,负载电力汲取低于燃气涡轮发动机最大电力输出(558)。这使得能量存储单元能够开始充电(559)返回至标准DC链路电压。当能量存储单元再充电时,如由返回至标准值的DC链路电压(560)所指示的,燃料控制器将减少到燃气涡轮发动机的燃料,使得燃气涡轮发动机电力输出与负载的电力输出(561)匹配。对于VFD控制的PID增益可能与对于燃料控制的PID增益不同。例如,以一个响应速率降低输出频率以防止发电单元停转可能是有利的,但是要以较慢的速率使输出频率朝向标准值返回。

[0140] 用于发电单元的嵌套控制回路

[0141] 图6示出了用于发电单元的控制系统的另一实施方式。在图6的控制系统中,虽然AC-DC转换器控制器(411)和电力输送单元控制器(421)保持不变,但是燃料控制器(401)增加有发动机速度控制器(601)。发动机速度控制器(601)评估所测量的DC链路电压(404)并且将所测量的DC链路电压(404)与DC链路电压设定点(403)进行比较。发动机速度控制器(601)可以是输出第一涡轮机速度设定点(603)以将DC链路电压维持在标准设定点附近的PID控制器。与先前描述的其他控制方法类似,有意地使得DC链路电压能够在负载瞬变期间显著地偏离标准设定点。燃料控制器(401)从速度控制器(601)接收该第一涡轮机速度设定点(603),并且相对于所测量的第一涡轮机速度(604)评估第一涡轮机速度设定点(603)。燃料控制器(401)可以是向燃料系统(113)输出控制信号(405)的PID控制器。控制信号(405)命令燃料系统(113)改变到燃烧室(105)的燃料流以将第一涡轮机速度(604)维持在所期望的速度设定点(603)。

[0142] 该具有嵌套控制回路的控制系统的优点在于它使得控制系统能够分别对负载的变化和环境条件的变化作出反应。该控制系统应用于在燃料源未得到良好控制并且燃料组分随时间而频繁变化的情况中。燃料控制器现在可以主要负责解决燃料质量的变化,并且燃料控制器在燃料变化期间快速控制发动机速度以使旋转部件上的机械应力和热应力最小化,并且还使对于电力输出的影响最小化。速度控制器现在可以主要负责解决负载的变化,并且速度控制器在负载变化期间缓慢地控制DC链路电压以使燃气涡轮发动机加速或减速所处的速度最小化以满足负载。

[0143] 图7A和图7B示出了在燃料变化或负载变化期间发电单元的性能参数如何随时间而变化。图7A示出了在突然的负载变化期间的随时间的负载(701)、第一涡轮机速度(711)和DC链路电压(721)。在702处负载突然地增加。由于能量存储单元放电以满足负载,因此DC链路电压立即下降(722)。速度控制器觉察到DC链路电压的下降并且逐渐地增加核心涡轮机速度设定点。燃料控制器觉察到较高的速度设定点并且命令较高的燃料流。这导致燃气涡轮发动机加速(712)并且开始产生更多电力,并且因此DC链路电压下降得较慢(723)。当燃气涡轮发动机处于足够高的速度(713)使得其正在产生与负载一样多的电力时,DC链路电压停止下降(724)。燃气涡轮发动机继续加速(714)以产生比负载更多的电力以便为能量

存储单元再充电。最终,在能量存储单元充电返回至标准值之后,燃气轮机将达到新的平衡速度(715)。

[0144] 图7b示出了在突然的燃料变化期间的随时间的负载(731)、第一涡轮机速度(741)和DC链路电压(751)。在742处燃料能量密度突然地下降。第一涡轮机速度下降(742)并且因此燃气轮机产生较少的电力。由于能量存储单元放电以补偿燃气涡轮发动机电力输出的下降,因此DC链路电压也下降(752)。此时,控制系统的反应与突然的负载变化的情况相同。速度控制器觉察到DC链路电压的下降并且逐渐地增加第一涡轮机速度设定点。燃料控制器觉察到较高的速度设定点并且命令较高的燃料流。这导致燃气涡轮发动机加速(743)并且能量存储单元开始充电(753)。最终,在能量存储单元充电返回至标准值之后,燃气轮机将达到平衡速度(744)。

[0145] 在没有嵌套控制回路设计的情况下,发电单元可以如图7A所示响应于负载变化,并且如图7B所示响应于燃料变化。利用嵌套控制回路设计,发电单元仍然可以如图7A所示响应于负载变化,并且如图7B所示响应于燃料变化,但是在响应于燃料变化的情况下系统可以以更快的速率返回至平衡。

[0146] 虽然该具有嵌套控制回路的控制系统将燃料变化的影响和负载变化的影响分隔开,但是实施该控制设计以使得电力发电机能够处理燃料质量变化或者负载变化或者燃料变化和负载变化两者不是必须的。图4中所描绘的较简单的控制系统足以处理燃料变化和负载变化两者。然而,实施图6中的设计使得控制系统能够区分这两种效果,而图4中的设计不区分这两种效果。在图4的控制设计中,虽然仅具有一个回路使得系统能够控制两者,但是两者都以相同的速率被控制。在图6的控制设计中,分别控制发动机RPM和电压使得系统能够更快地控制燃料变化。两种类型的发动机控制方案都将使得发动机-发电机组能够解决燃料质量变化和负载变化。除了燃料质量变化之外,在不需要任何传感器的情况下,本文所描述的系统还将解决诸如环境温度、环境压力和燃料压力的环境条件的任何其他变化。类似于燃料质量变化影响发动机速度的方式,所有的这些环境条件都会影响发动机操作点和发动机速度。控制系统仅需要监测作为发动机操作点的特征的参数诸如发动机速度以有效地控制环境条件的各种变化。

[0147] 设备的平衡

[0148] 为了启动或关闭发电单元,特别是对于离网应用,发电单元可以包括辅助电力电子器件和备用电源。

[0149] 图8A示出了发电单元的电力电子系统的一个实施方式。在该实施方式中,主电力电子系统包括发电机(112)、第一电力转换器(201)、DC链路(203)、能量存储单元(205)、电力输送单元(301)、AC母线(803)和负载(206)。在辅助电力电子器件中,当燃气轮机发电机不产生电力时,电池组(804)提供电力;可编程逻辑控制器(PLC)(805)为发电单元提供所有控制能力;逆变器/充电器(810)可以将电池DC电力转换成AC以给辅助设备供电,或者逆变器/充电器(810)可以将来自发电机的AC电力转换成DC电力以对电池进行充电。辅助电力电子器件在启动和关闭期间支持发电单元的其余部分,在此期间,虽然发动机-发电机组不产生电力,但是仍需要电力来运行辅助设备。辅助设备可以包括点火系统(806)、发动机启动器(807)和诸如石油系统和冷却系统的任何其他辅助(808)。某些辅助(诸如点火器、启动器)仅在启动和关闭期间运行,并且一些辅助(诸如石油系统、冷却系统)在发动机运行时始

终运行。

[0150] 在启动期间,逆变器/充电器(810)处于反相模式并且从电池(804)汲取电力并且在辅助AC母线(812)上生成AC电力。该母线上的电力支持点火器(806)、启动器(807)和启动发动机所需的其他辅助系统(808)。当发电机(112)开始在主AC母线(803)上产生电力时,逆变器/充电器处于充电模式并且使用来自AC母线(803)的一些电力来对电池(804)进行充电并且直接地为辅助AC母线(812)供电。

[0151] 图8B示出了发电单元的电力电子系统的另一实施方式。图8A的逆变器/充电器可以用在低电压电池与高电压DC链路之间转换的双向降压-升压DC-DC转换器(814)代替。双向DC-DC转换器(814)在一个端部连接至DC链路(203),并且在另一个端部连接至电池(804)。电力输送单元(301)向AC链路(803)供应电力。AC链路直接地供应辅助AC母线(812),然后辅助AC母线供应诸如点火器(806)、启动器(807)和其他辅助系统(808)的辅助设备。在黑启动期间,双向DC-DC转换器在升压模式下进行操作,接收来自电池(804)的电力并且在DC链路(203)处产生高电压电力。电力输送单元(301)接收来自DC链路(203)的该电力、在AC链路(803)处产生AC电力并且使电力在辅助AC母线(812)处可用。然后,辅助AC母线(812)处的电力被用于为启动燃气涡轮发动机所需的各种辅助系统提供电力。当燃气涡轮发动机开始生成电力时,双向DC-DC转换器(814)切换至降压模式、接收来自DC链路(203)的电力并且输出电力以对电池(804)进行充电。

[0152] 图9A描述了如何实施图8B的电力电子系统。图9A的系统还提供了用于对如下发电单元的两种模式的操作之间的转换进行处理的技术:第一模式,在第一模式下发电单元需要来自电池电力进行黑启动;以及第二模式,在第二模式下发电单元正在产生电力并且对电池进行充电。在图9A中,第一电力转换器(201)向DC链路(203)提供电力。超级电容器组(205)经由两个路径并联连接至DC链路(203)。在一个路径中,连接通过二极管(901)。在另一个路径中,连接可能由于接触器(902)中断。电池组(804)连接至DC-DC转换器(814)的输入并且连接至PLC(805)。DC-DC转换器(814)的输出连接至DC链路(203)。DC链路(203)连接至电力输送单元(301)的输入,并且电力输送单元的输出连接至AC母线(803)。AC母线(803)连接至向辅助系统(808)供应电力的辅助AC母线(812)。AC母线(803)也连接至负载(206)。该连接可能由于接触器(903)中断。

[0153] 在下面的阶段中描述了一种用于从黑启动转换至电池充电的技术。

[0154] 阶段1:图9B描述了在阶段1中电力在电力电子系统内的流动。当开始黑启动操作时,首先接通电池(911)。电池向控制系统供应电力(912)并且向DC-DC转换器供应电力(916)。DC-DC转换器的输出连接至DC链路。DC链路(203)与超级电容器(205)之间的接触器(902)断开。在升压模式下启用DC-DC转换器,并且将电压控制在标准电压设定点。电压设定点可以是作为到电力输送单元(301)的输入电压可接受的任何值。例如,如果电力输送单元接受250VDC至500VDC的输入电压,则可以将标准电压设定为400VDC。这使得DC-DC转换器能够将电力输出(913)至DC链路(203)。二极管(901)的存在防止DC-DC转换器向超级电容器供应电力。这是有利的,因为超级电容器存储大量的能量并且在黑启动期间不需要对超级电容器组进行充电。然后接通电力输送单元(301),电力输送单元(301)从DC链路汲取电力(914)以将AC电力供应至AC链路(803)。此时可以启动燃气涡轮发动机。向辅助负载(启动器、油泵、冷却液泵、点火器)供应电力(915)。

[0155] 阶段2:图9C描述了在阶段2中电力在电力电子系统内的流动。在启动辅助系统之后,增加燃料流直至燃气涡轮发动机处于空转但是不产生任何电力。然后,增加燃料以在燃气涡轮机处开始产生电力。此时,第一电力转换器(201)将开始输出电力(921),这将开始以受控速率对超级电容器(205)进行充电(922)。二极管(901)继续阻止电力从超级电容器(205)流至DC链路(203),并且阻止电力从DC链路(203)流至超级电容器(205),因为此时超级电容器电压低于DC链路电压。

[0156] 阶段3:图9D描述了在阶段3中电力在电力电子系统内的流动。当超级电容器(205)充电至使得超级电容器电压达到DC链路电压的点时,电力将开始流动(931)通过二极管(901)。这使得超级电容器能够向DC链路(203)提供电力(932),所述电力等于此时由燃气涡轮发动机所产生的电力。二极管(901)使得能够自动地发生转变并且在DC-DC转换器所指定的标准电压设定点处调节DC链路。

[0157] 阶段4:图9E描述了在阶段4中电力在电力电子系统内的流动。增加燃料流使得燃气涡轮发动机产生足够的电力来运行所有辅助负载。然后使DC-DC转换器(814)失能。电池(804)继续向控制系统(805)提供电力(912)。辅助系统(808)完全地由发电机供电,发电机向DC链路提供电力(932),然后DC链路向电力输送单元(301)提供电力(941)。

[0158] 阶段5:图9F描述了在阶段5中电力在电力电子系统内的流动。此时,可以以降压模式启动DC-DC转换器(814)。DC-DC转换器(814)现在接收来自DC链路(203)的电力(952)、对电池进行充电(953)并且为控制系统供电(954)。可以通过闭合接触器(902)来使二极管旁路以避免否则将在二极管两端发生的电力损耗。此时,可以通过闭合负载接触器(903)来连接负载(206)。这使得AC母线(803)能够向负载提供电力(955)。

[0159] 本文所描述的用于从黑启动转变至电池充电的技术不限于使用图9A中描述的二极管和接触器的组合。二极管、接触器和其他无源或有源部件的各种组合可以被用于实现如上述阶段中所描述的类似效果。

[0160] 通用发电单元

[0161] 可以进一步概括发电单元和控制系统的上述实施方式。图10描述了使用能量存储单元作为缓冲器以将电力输送与电力产生分隔开的发电单元(1000)。发电单元包括:电力产生单元(1001);第一电力转换器(1002),其接收来自电力产生单元(1001)的第一形式的电力(1011)并且将第一形式的电力(1011)转换成由能量存储单元(1003)接收的第二形式的电力(1012);电力输送单元(1004),其接收来自能量存储单元(1003)的第二形式的电力(1013)并且将第二形式的电力(1013)转换成被输送至负载(1006)的第三形式的电力(1014)。发电单元具有一个或更多个传感器(1007),所述一个或更多个传感器(1007)对和由电力产生单元所产生的电力(1011)的量与由电力输送单元输送至负载(1006)的电力(1014)的量之间的不匹配相关的发电单元的一个或更多个参数进行测量。发电单元具有控制系统(1005),该控制系统(1005)评估来自一个或更多个传感器(1007)的测量值(1015)并且控制电力产生单元(1001)以调节来自一个或更多个传感器(1007)的一个或更多个测量值。

[0162] 图11更详细地描述了控制图10的发电单元的控制系统(1005)。控制系统包括三个控制回路。第一控制回路(1021)将控制信号(1024)发送至第一电力转换器(1002)以控制从第一电力转换器(1002)输出至能量存储单元(1003)的电力的量,以便调节电力产生单元

(1001)的一个参数的反馈信号(1023)。电力产生单元的参数的设定点(1022)被传送至第一电力转换器控制回路(1021)。当发电单元正在运行时,该设定点可以保持恒定或可以是可变的。第一电力转换器控制回路(1021)测量参数(1023)并且将电力(1012)输送至能量存储单元(1003)以便使参数(1023)维持在所期望的设定点(1022)处。第一电力转换器中的高速电力电子器件可以非常有效地调节参数,使得参数与设定点之间的偏差可以低于1%。

[0163] 第二控制回路(1031)控制从电力输送单元(1004)输出至负载(1006)的电力的量并且调节输出电力(1014)的特性,通常是电压。电力输送单元(1004)接收来自能量存储单元(1003)的电力和预定输出电压设定点(1032)。第二控制回路(1031)测量输出电压(1033)并且控制到负载(1006)的电力输出(1014),使得输出电压(1033)维持在所期望的电压设定点(1032)处。在电力输送单元(1004)产生AC电力的情况下,还控制输出的频率。通常将频率控制为50Hz或60Hz的固定值。在电力输送单元(1004)是VFD的情况下,输出的频率被控制至可以根据特定应用随时间而变化的期望值。在所有情况下,电压设定点和频率设定点通常由应用中的负载确定。

[0164] 第三控制回路(1041)控制到电力产生单元(1001)的输入(1044)以调节发电单元(1000)的测量参数(1043),该测量参数(1043)指示电力产生与电力输送之间的不匹配。测量参数(1043)被调节至被提供至第三控制回路(1041)的设定点(1042)。输入(1044)具有改变其值将改变来自电力产生单元(1001)的电力输出(1011)的特性。例如,第三控制回路可以控制到电力产生单元的燃料流以将能量存储单元两端的测量电压调节至预定的设定点。

[0165] 图12描述了其中第一控制回路和第二控制回路(图12中未示出)与图11中所描述的第一控制回路和第二控制回路相同但是电力产生单元(1001)由两个嵌套控制回路控制的另一控制系统。外部控制回路(1211)控制电力产生单元(1001)的一个参数(1203)的设定点(1214),以便对指示电力产生(1011)与电力输送(1014)之间的不匹配的发电单元(1000)的测量参数(1213)进行调节。外部控制回路(1211)将该不匹配参数(1213)调节至设定点(1212)。内部控制回路(1201)接收来自外部控制回路(1211)的用于电力产生单元(1001)的参数(1203)的设定点(1214),并且内部控制回路(1201)控制到电力产生单元(1001)的输入(1204)以调节该参数(1203)。可以使得由外部控制回路(1211)调节的参数(1213)较缓慢地变化并且偏离期望的设定点(1212)较多,并且可以使得由内部控制回路(1201)调节的参数(1203)较快地变化并且偏离期望的设定点(1214)较少。

[0166] 在发电单元的一个实施方式中,电力产生单元(1001)是包括双轴燃气涡轮发动机和高速永磁电动发电机的发动机-发电机组,第一电力转换器(1002)是AC-DC转换器,能量存储单元(1003)是超级电容器组,以及电力输送单元(1004)是DC-AC转换器。AC-DC转换器、能量存储单元与DC-AC转换器之间的并联连接形成DC链路。传感器(1007)测量超级电容器组两端的电压,所述电压也是DC链路电压。DC链路电压和电力产生与电力输送之间的不匹配有关。当电力输送超过电力产生时,超级电容器组两端的电压将下降;当电力产生超过电力输送时,超级电容器组两端的电压将上升。控制系统(1005)基于所测量的DC链路两端的电压控制到燃气涡轮发动机的燃料流。第一控制回路(1021)控制到超级电容器组的电力输出以调节发电机速度。第二控制回路(1031)控制到负载的电力输出,同时维持所期望的电压和频率。第三控制回路(1041)控制到发动机-发电机组的燃料流输入以调节DC链路电压。当DC链路电压低于标准时,由于发动机-发电机组不会为负载产生足够的电力,因此增加到

发动机-发电机组的燃料输入以增加电力产生。当DC链路电压高于标准时,由于发动机-发电机组为负载产生过多的电力,因此减少到发动机-发电机组的燃料输入以减少电力产生。

[0167] 在另一实施方式中,电力输送单元(1004)可以是变频驱动器而不是固定频率DC-AC转换器。现在用于变频驱动器的第二控制回路控制至负载的电力输出,同时维持所期望的电压和频率,其中频率现在是可变的。发电单元的所有其他部件和控制系统的的所有其他控制回路可以被配置成以相同的方式起作用。

[0168] 在另一实施方式中,电力产生单元(1004)可以是包括往复式发动机和AC感应发电机的发动机-发电机组。现在用于往复式发动机的第三控制回路现在控制至往复式发动机的燃料流以调节DC链路电压。发电单元的所有其他部件和控制系统的的所有其他控制回路可以被配置成以相同的方式起作用。

[0169] 在另一实施方式中,电力产生单元(1004)可以是包括单轴燃气涡轮发动机和高速永磁发电机的发动机-发电机组。第一控制回路可以通过调节涡轮机入口温度来控制从发动机-发电机组到能量存储单元的电力输出。第三控制回路仍然可以控制到发动机-发电机组的燃料流以调节DC链路电压。发电单元的所有其他部件和控制系统的的所有其他控制回路以相同的方式配置和操作。

[0170] 在发电单元和包括具有用于电力产生单元的嵌套控制回路的控制器的控制系统的实施方式中,电力产生单元(1001)是包括双轴燃气涡轮发动机和高速永磁电动发电机的发动机-发电机组,第一电力转换器(1002)是AC-DC转换器,能量存储单元(1003)是超级电容器组,以及电力输送单元(1004)是DC-AC转换器。AC-DC转换器、能量存储单元与DC-AC转换器之间的并联连接形成DC链路。传感器(1007)测量超级电容器组两端的电压,所述电压也是DC链路电压。DC链路电压和电力产生与电力输送之间的不匹配有关。当电力输送超过电力产生时,超级电容器组两端的电压将下降;当电力产生超过电力输送时,超级电容器组两端的电压将上升。控制系统(1005)基于所测量的DC链路两端的电压控制到燃气涡轮发动机的燃料流。第一控制回路(1021)控制到超级电容器组的电力输出以调节发电机速度。第二控制回路(1031)控制到负载的电力输出,同时维持所期望的电压和频率。用于发动机-发电机组的控制器包括两个嵌套控制回路。外部控制回路(1211)控制第一涡轮机轴的速度以调节DC链路电压。内部控制回路(1201)控制到发动机-发电机组的燃料流以调节第一涡轮机轴的速度。

[0171] 发电单元的其他实施方式

[0172] 本文所描述的用于发电单元和控制系统的技术可以不限于使用燃气涡轮发动机作为发动机。任何类型的发动机-发电机组都可以用于本文所公开的电力电子系统中。对于产生AC电力的发动机-发电机组,首先将AC电力转换成DC,并且然后将DC电力馈送至与能量存储单元并联的DC链路。产生AC电力的发动机-发电机组的示例包括连接至AC电动发电机的往复式发动机。具有单回路发电机组控制器的控制系统可以控制DC链路电压至燃料流,并且与燃气涡轮发动机相比,不会与这种不同的发动机起不同的作用。在具有双回路发电机组控制器的控制系统中,第一回路可以控制DC链路电压至发动机速度,并且第二回路可以控制燃料流至发动机速度。与燃气涡轮发动机相比,双回路控制系统不会与这种不同的发动机起不同的作用。对于产生DC电力的发动机-发电机组,可以首先将DC电力转换成不同的DC电力例如使电压上升或下降,然后将经转换的DC电力馈送至与能量存储单元并联的DC

链路。

[0173] 能量存储单元可以是飞轮。在飞轮的情况下,指示电力产生与电力输送之间的不匹配的参数可以是飞轮的速度。控制系统可以控制到发动机-发电机组的燃料流以维持飞轮的标准速度设定点。DC链路与飞轮之间可能需要附加的电力转换器。

[0174] 能量存储单元可以是电池。在充电状态下电池电压变化不大。电池可以通过实施测量充电状态的传感器用作能量存储单元。控制系统可以控制到发动机-发电机组的燃料流以维持电池的标准充电状态。DC链路与电池之间可能需要附加的电力转换器。

[0175] 本文所描述的用于通用发电单元和控制系统的技术可以应用于不同类型的发电单元,并且电力产生单元不限于发动机-发电机组。电力产生单元的不是发动机-发电机组的一个示例是燃料电池。本文所描述的控制系统对于使用燃料电池可能是有利的,因为该控制系统使得电力产生单元能够相对于负载缓慢地改变。燃料电池通常比往复式发动机或燃气涡轮发动机更缓慢地改变操作点。发电单元的一个实施方式包括:燃料电池;第一电力转换器,其将燃料电池电动电力输出转换成到DC链路的第二形式的电动电力;超级电容器组,其与DC链路并联并且接收第二形式的电动电力;以及DC-AC转换器,其接收来自超级电容器组的电力并且将该电力转换成可以由负载使用的AC电力。用于该发电单元的控制系统的控制燃料流或影响燃料电池的总电力输出的另一参数以便调制DC链路电压。

[0176] 发电单元的另一实施方式包括:风力涡轮发电机;第一电力转换器,其将风力涡轮发电机电动电力输出转换成到DC链路的第二形式的电动电力;超级电容器组,其与DC链路并联并且接收第二形式的电力;以及DC-AC转换器,其接收来自超级电容器组的电力并且将该电力转换成可以由负载使用的AC电力。用于该发电单元的控制系统的控制风力涡轮机叶片桨距或影响风力涡轮机的总电力输出的另一参数以便调制DC链路电压。

[0177] 其他应用

[0178] 本文所描述的电力发电机和控制系统可以在无人驾驶飞行器(UAV)中实施,以向一个或多个电动机提供电力以产生推力或姿态调节。例如,单个发动机可以被用于向组合电力母线上的2个或多个电动机供电以取代传统的齿轮变桨控制系统。此处的主要价值是将即时电力需求与发动机RPM解耦,这在传统的机械系统中实现更为复杂。由于能够将发动机和发动机RPM与螺旋桨优化要求解耦的能力,因此客户利益包括更高的性能。由此产生的优点是更容易的重量平衡、独立的RPM优化、使用基于燃料的原动机允许更长的飞行时间和漂移时间、以及更多的电力意味着更高的负载能力。

[0179] 模块化发电系统

[0180] 图13描述了包括以下部件的模块化发电系统。存在两个发动机-发电机组(1301, 1302),每个发动机-发电机组向其自身的第一电力转换器(1321, 1322)发送电力,如果发动机-发电机组产生AC电力,则第一电力转换器(1321, 1322)可以是AC-DC转换器。第一电力转换器(1321, 1322)一起并联连接至DC链路(1340),并且第一电力转换器中的每一个向DC链路输送电力。能量存储单元(1341)也并联至DC链路(1340)。虽然示出了一个能量存储单元(1341),但是多个能量存储单元可以连结在一起并联至DC链路而不改变模块化发电系统的行为。一个负载(1342)直接地从DC链路(1340)获取电力。

[0181] 模块化发电系统还具有控制到发动机-发电机组的燃料流的控制系统(1350)。控制系统(1350)与单个发电单元的控制系统的类似地工作。控制系统(1350)可以测量DC链路

(1340)处的电压并且命令到发动机-发电机组中的一个或两个的燃料流以调节DC链路电压。控制两个发动机-发电机组的一个示例是首先仅使发动机-发电机组中的一个加速,然后仅在负载超过第一个的容量时才使第二个加速。控制两个发动机-发电机组的另一示例是使两个发动机-发电机组在部分负载处加速,并且根据DC链路电压中的变化速率调整到任一个或两个发动机-发电机组的燃料流。

[0182] 发动机-发电机组彼此隔离开,并且一个发动机-发电机组的状态不影响另一个的性能。因此,模块化发电系统可以以模块化方式设计和构建,其中一些优点描述如下。由于发动机-发电机组都在DC链路处连接,因此模块化发电系统不需要发动机-发电机组之间的附加的同步硬件以实现稳定的操作。发动机-发电机组的容量或电力输出级别不需要彼此相等;可以将一个发动机-发电机组的尺寸确定为用于大的基本负载,并且可以将另一个发动机-发电机组的尺寸确定为用于较小的负载波动。模块化发电系统也不限于两个发动机-发电机组;可以通过将发动机-发电机组连接至其自身的第一电力转换器并且然后将第一电力转换器并联连接至DC链路来添加另一发动机-发电机组。然后控制系统将控制到所有发动机-发电机组的燃料流。

[0183] 图14示出了包括两个发动机-发电机组的模块化发电系统,每个发动机-发电机组具有其自身的第一电力转换器,如果发动机-发电机组产生AC电力,则第一电力转换器可以是AC-DC转换器。两个第一电力转换器并联连接至共用DC链路处的能量存储单元。在该实施方式中,DC链路(1340)向多个电力输送单元(1401,1402,1403)提供电力,多个电力输送单元(1401,1402,1403)中的每一个可以是DC-AC转换器、DC-DC转换器或向负载输送电力的其他部件。第一电力输送单元(1401)向三个负载(1421,1422,1423)提供电力。第二电力输送单元(1402)向一个负载(1424)提供电力。第三电力输送单元(1402)向一个负载(1425)提供电力。通常,每个电力输送单元形成其自己的微电网并且可以向一个或更多个负载提供电力。

[0184] 本文所描述的具有共用DC链路、能量存储单元和相关控制的模块化发电系统将电力产生侧(发动机-发电机组和AC-DC转换器)与负载侧(电力输送单元)隔离开。结果,如图14中的示例所示,发电机的数目不需要等于电力输送单元的数目。

[0185] 当构建包括多个发动机-发电机组的发电系统时,本文描述的技术允许更大的模块化性。对于这种类型的系统的一个示例应用是在油田中的多井垫处为多个泵供电。例如,一个垫可以具有三个泵。每个泵具有其自己的汲取一定量的电力的泵马达。在抽油泵的情况下,负载将不会是恒定的。在工业中常见的是使抽油泵的时间交错,使得这些泵不能同时汲取最大电力。

[0186] 为了解释这个概念的目的,我们可以取其中都具有在5kW至15kW之间变化的正弦负载曲线的三个泵的示例。图15示出了用于三个泵的电力汲取(1501,1502,1503)。三个泵的电力汲取(1501,1502,1503)随着时间而交错。通过添加三个单独的电力汲取(1501,1502,1503)所获得的总电力汲取(1504)也是正弦曲线。平均总电力汲取(1505)为30kW,并且振荡幅度为约1kW。在这种情况下,安装包括一个30kW发动机-发电机组、一个5kW发动机-发电机组和三个15kW马达驱动器的模块化电力机组可以是成本有效的。控制系统可以控制30kW发动机-发电机组以具有慢的响应时间,并且控制系统可以控制5kW发动机-发电机组以具有较快的响应时间。该技术使得5kW发动机-发电机组响应负载波动,同时30kW发动机-

发电机组提供基本负载。

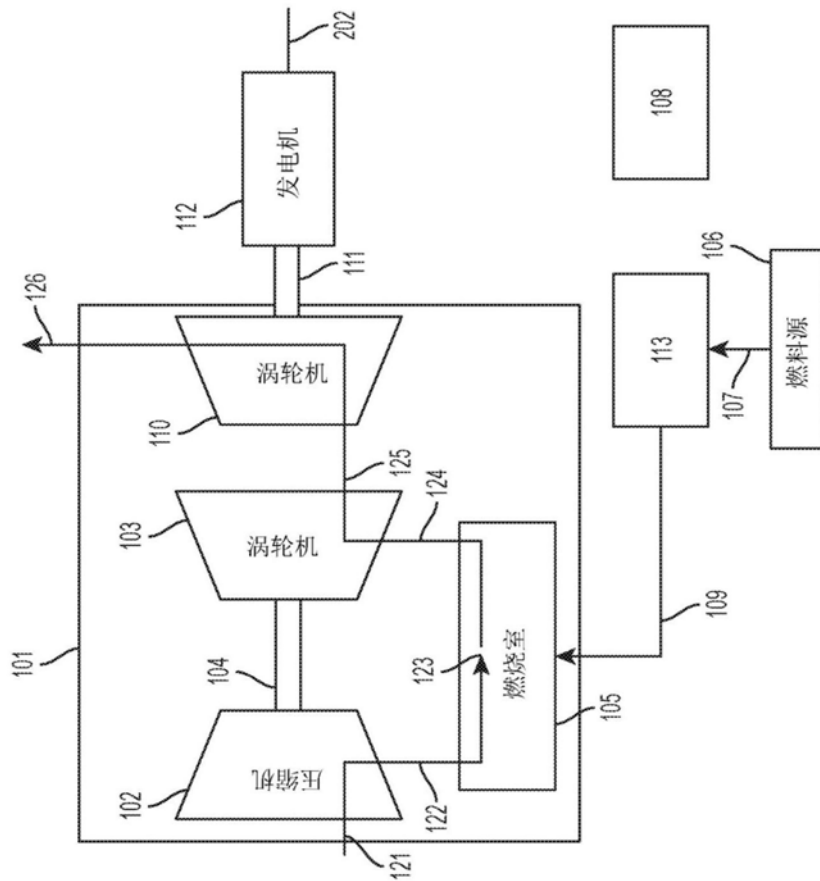


图1

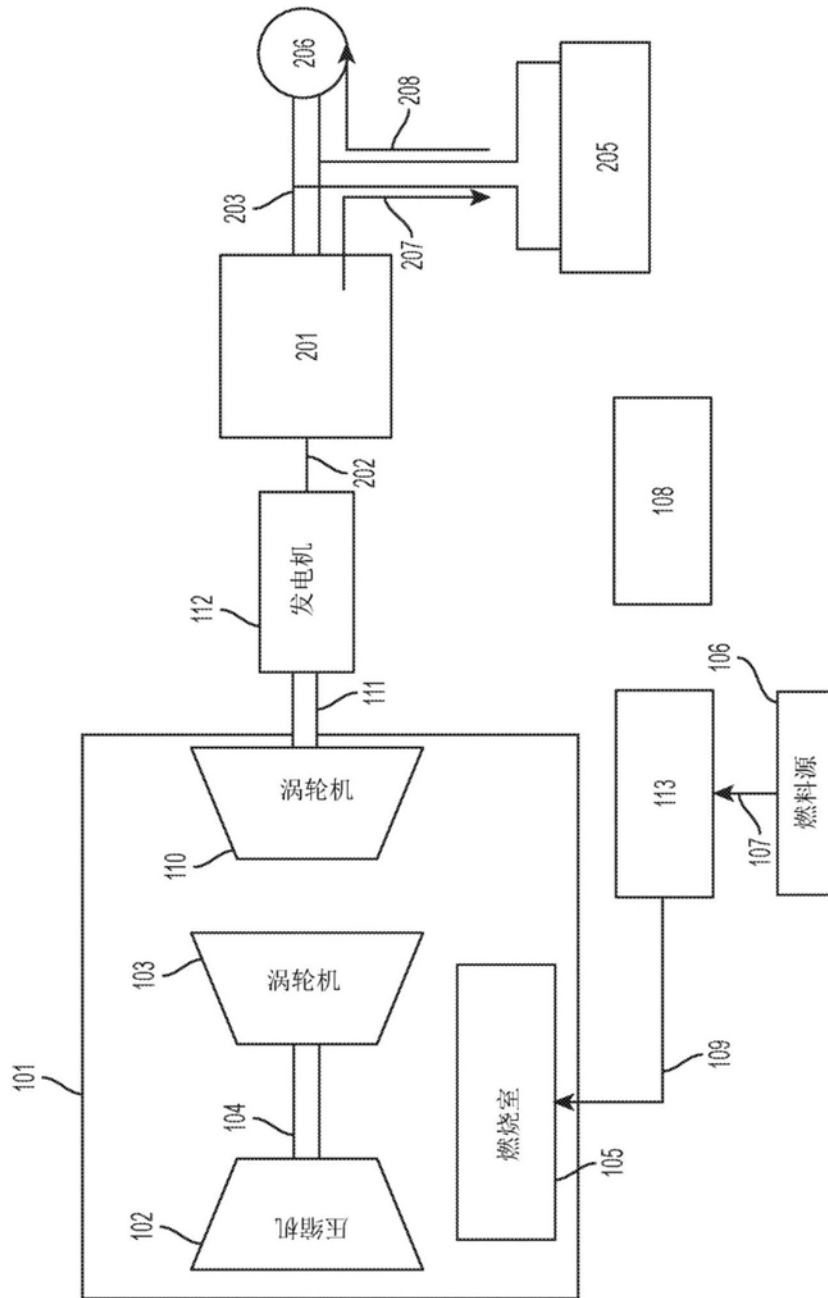


图2

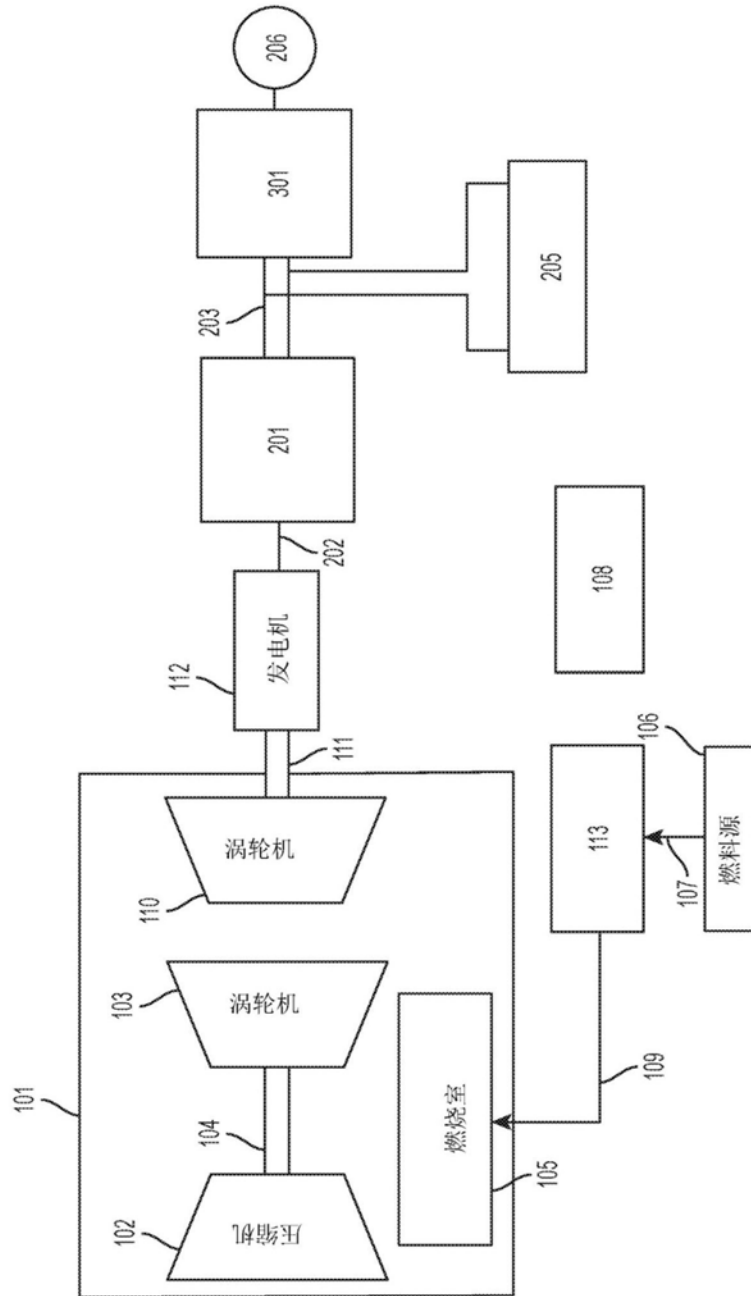


图3

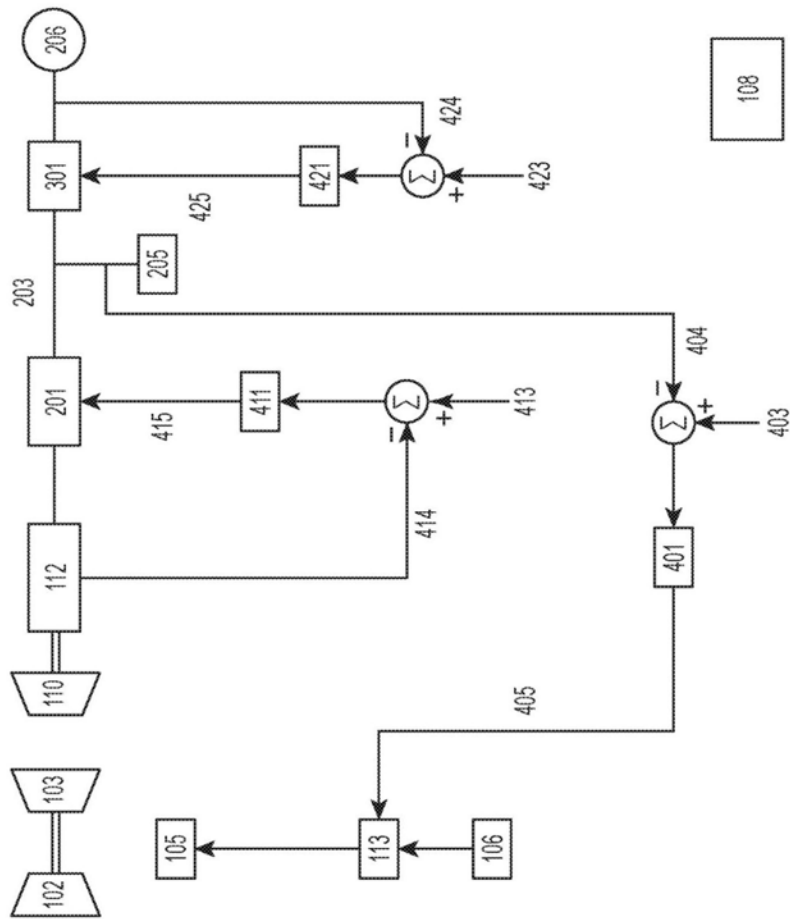


图4

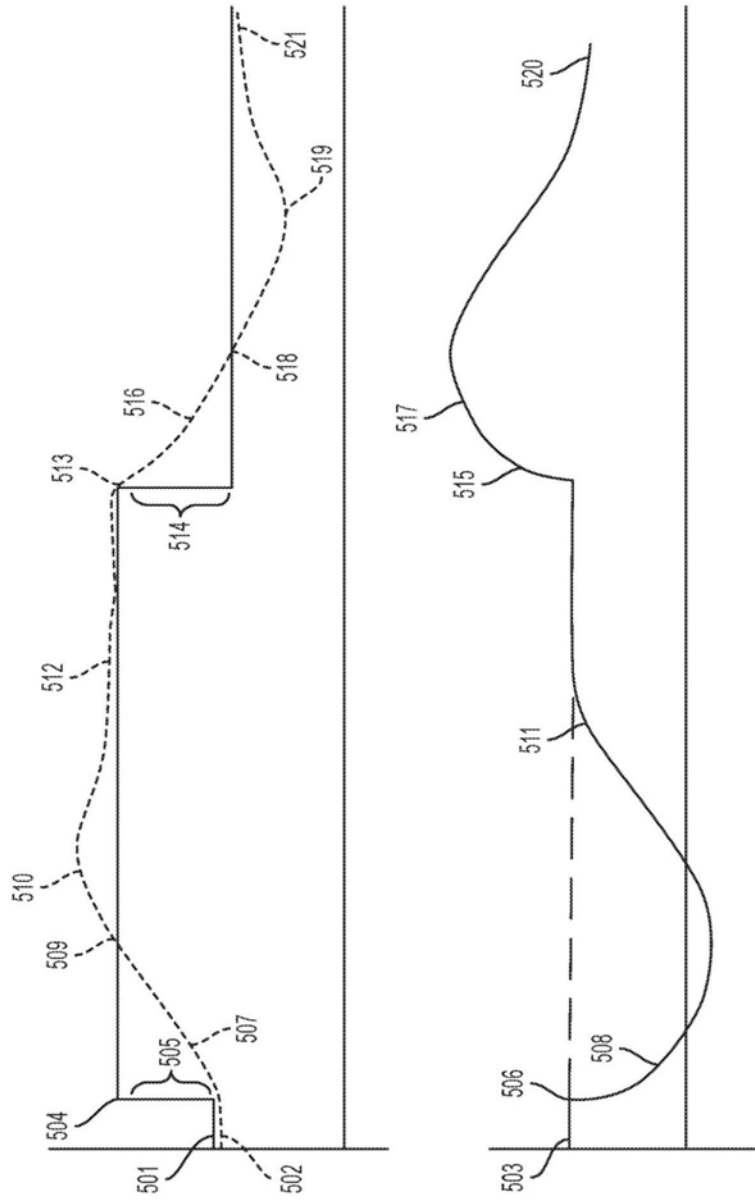


图5A

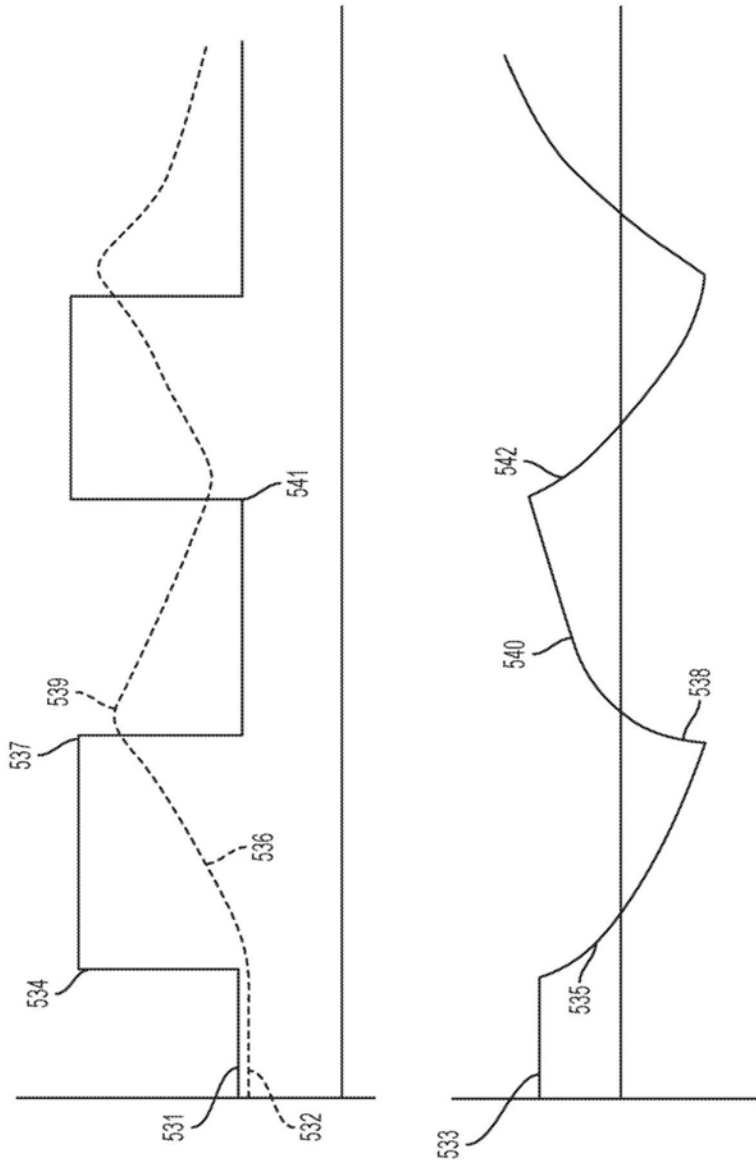


图5B

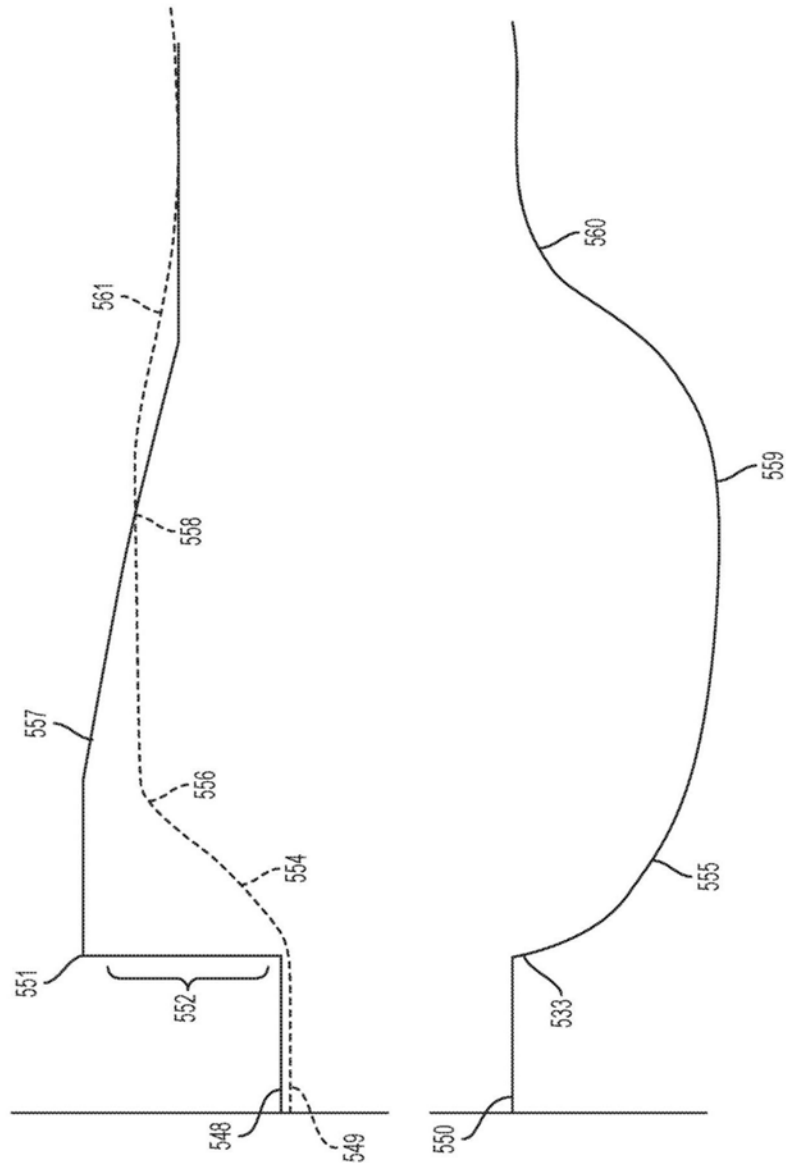


图5C

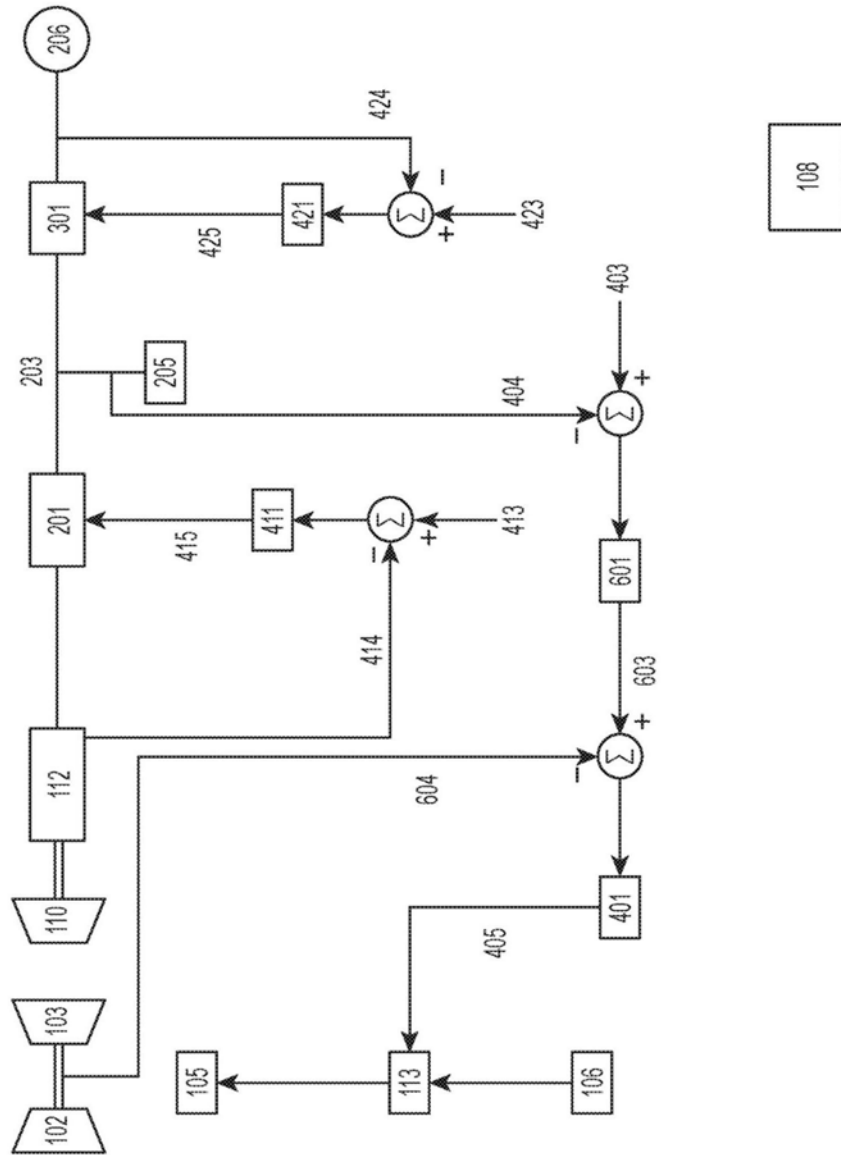


图6

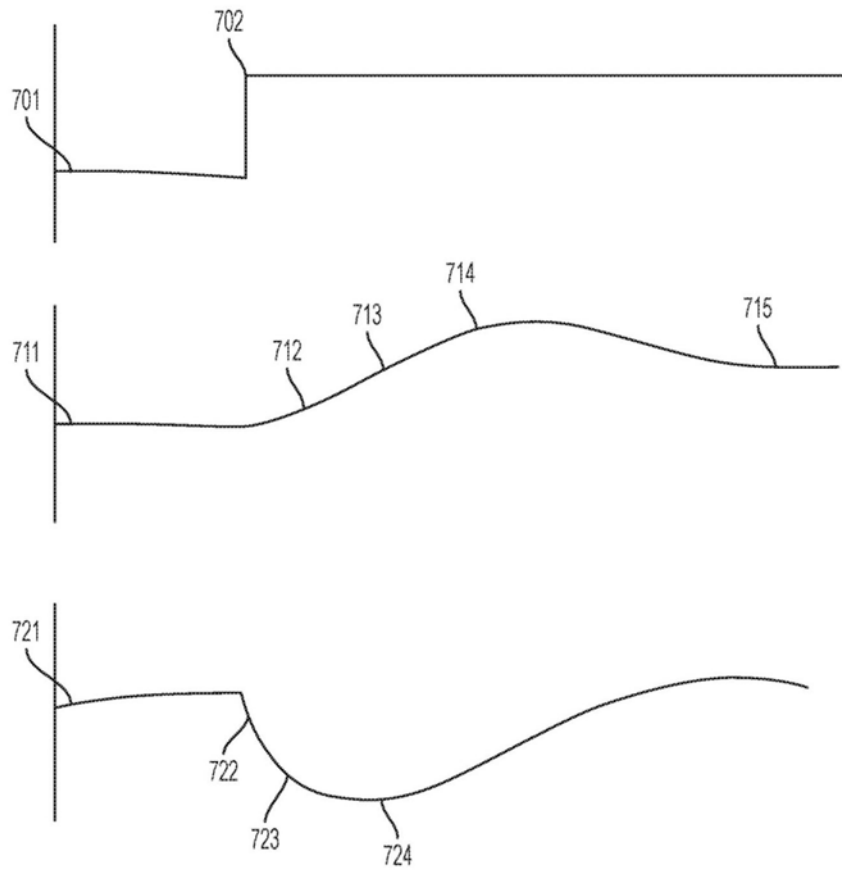


图7A

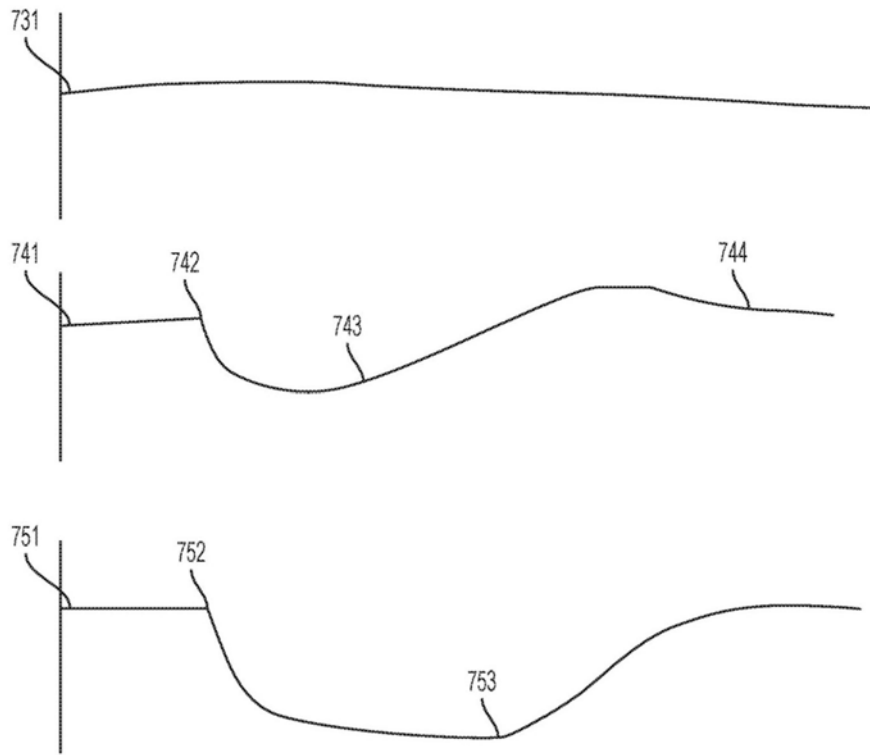


图7B

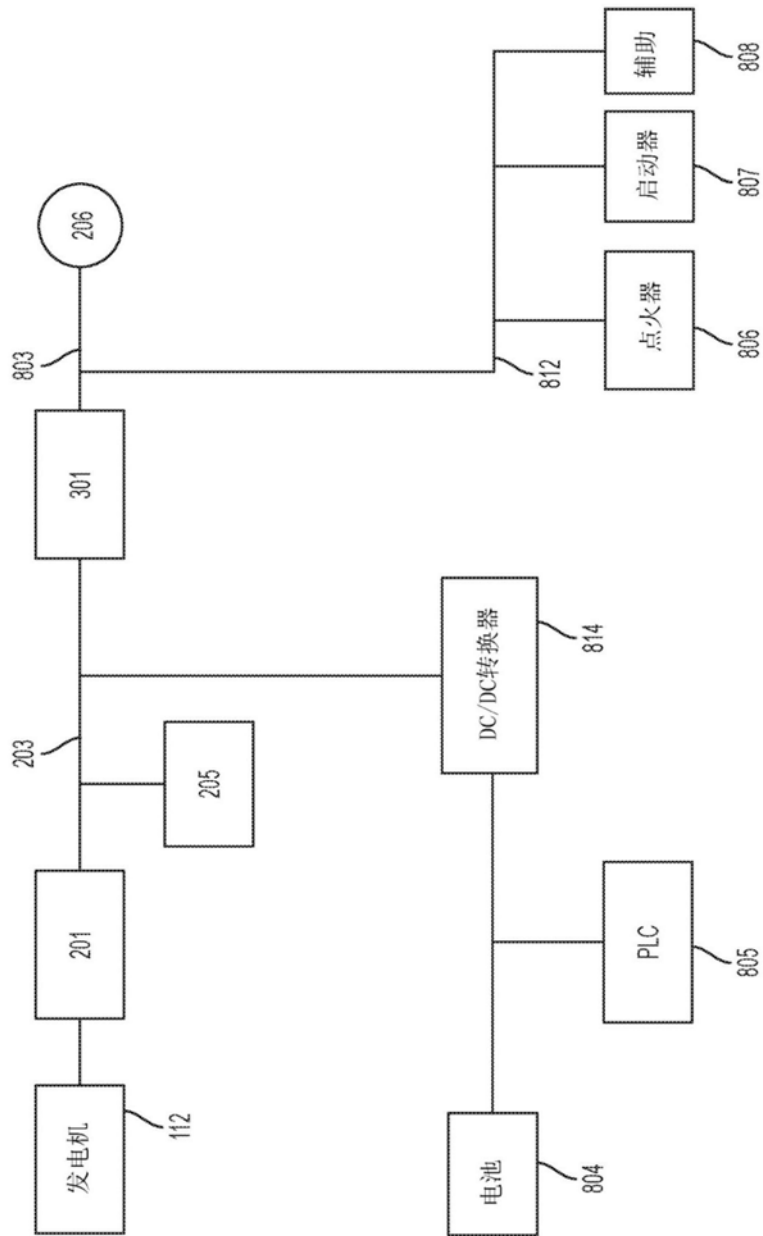


图8B

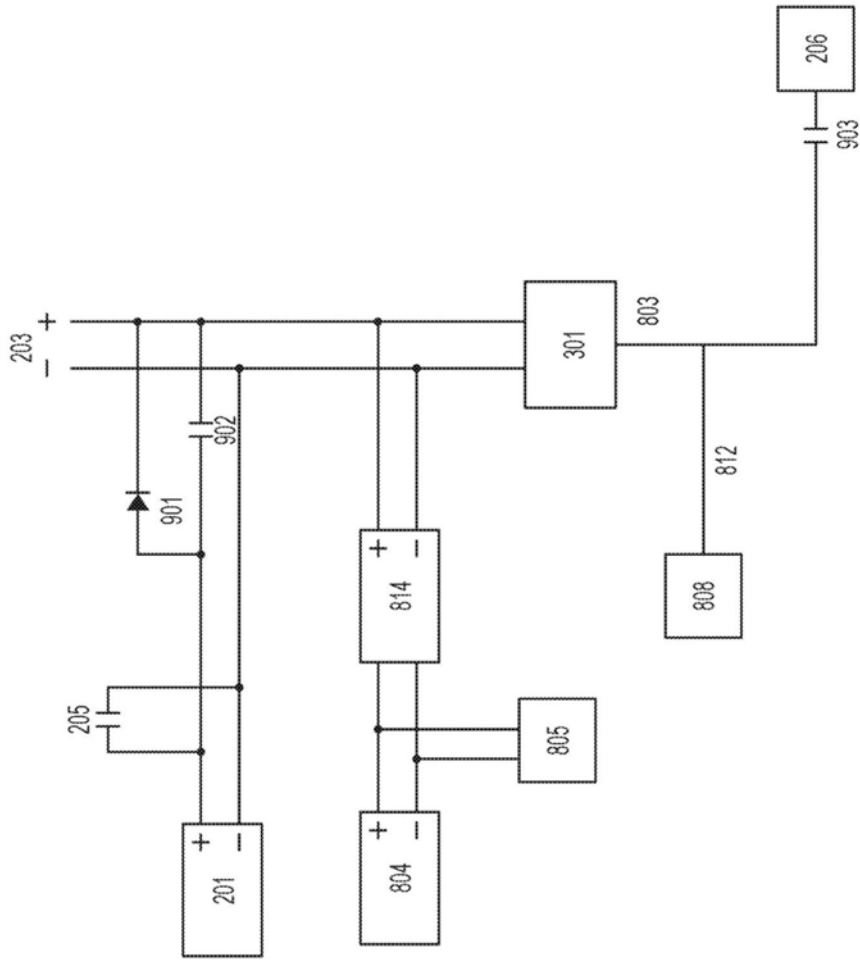


图9A

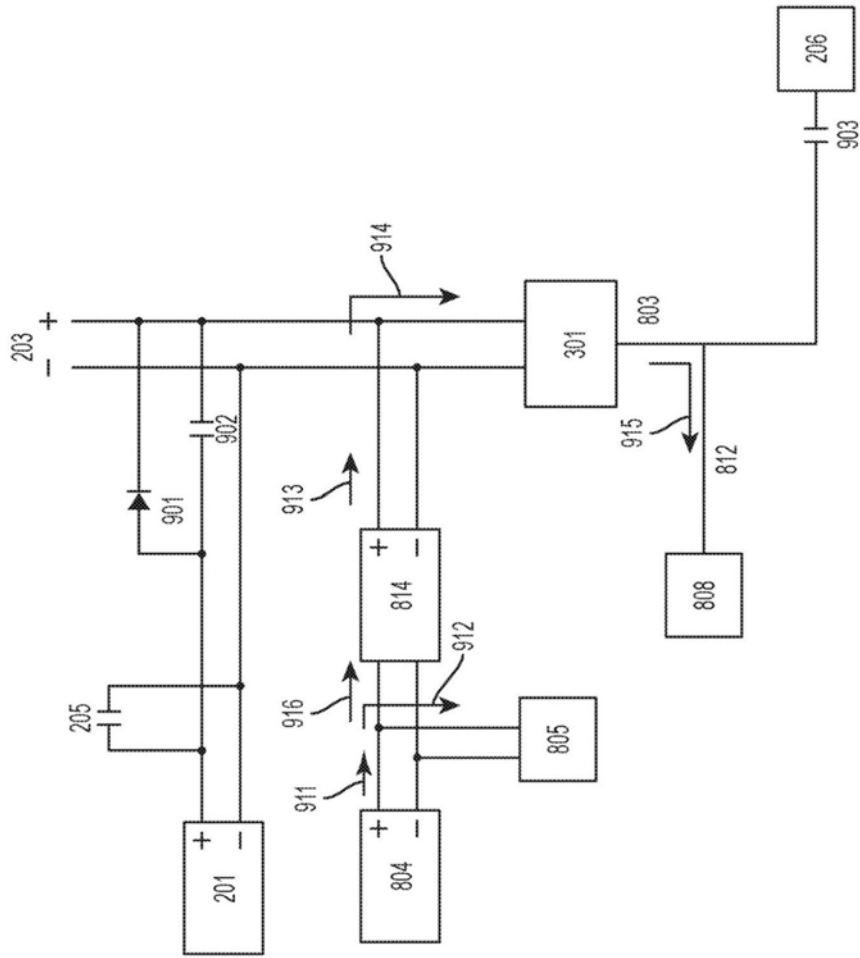


图9B

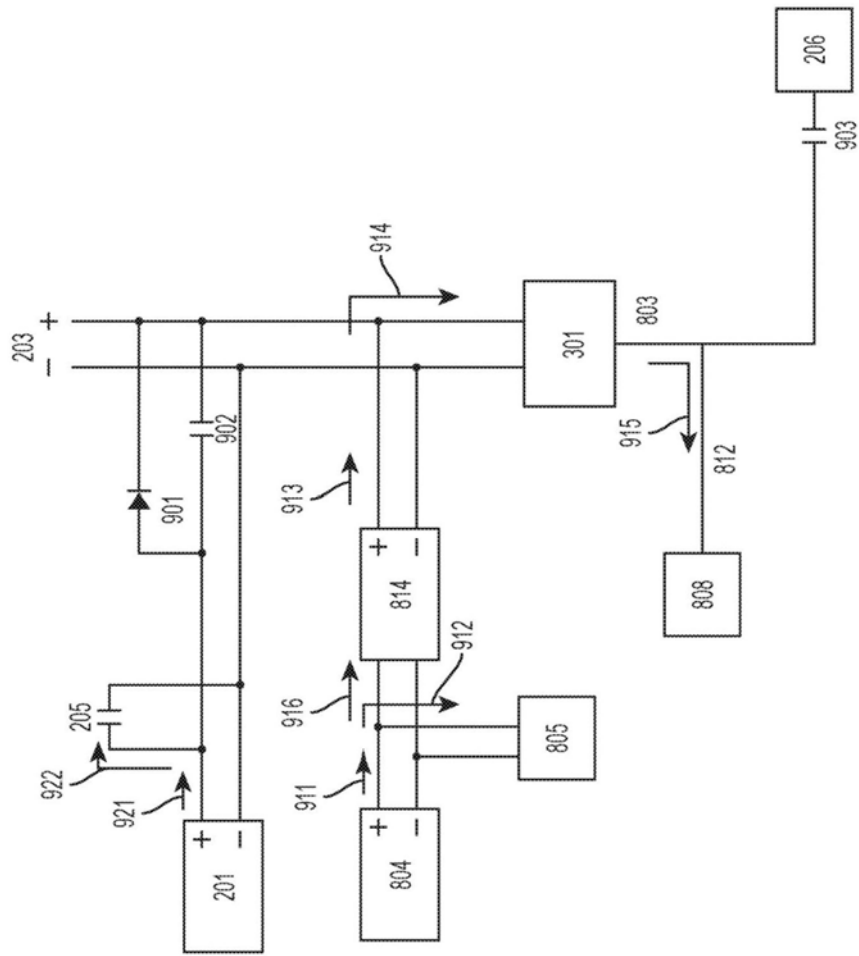


图9C

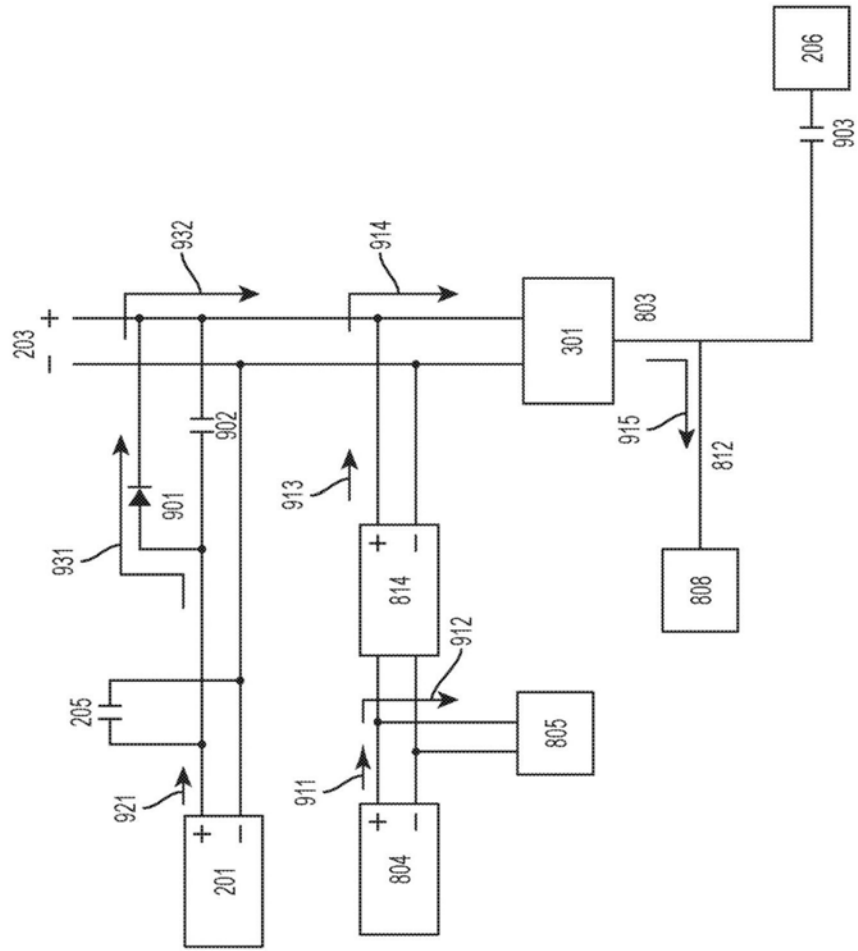


图9D

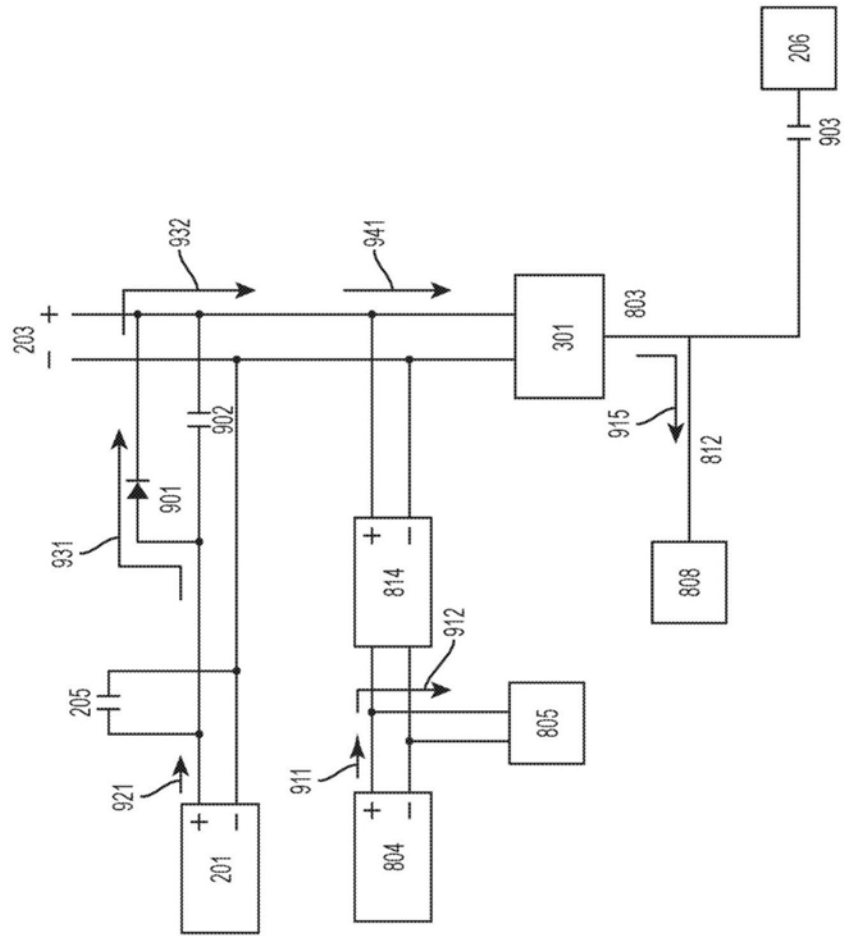


图9E

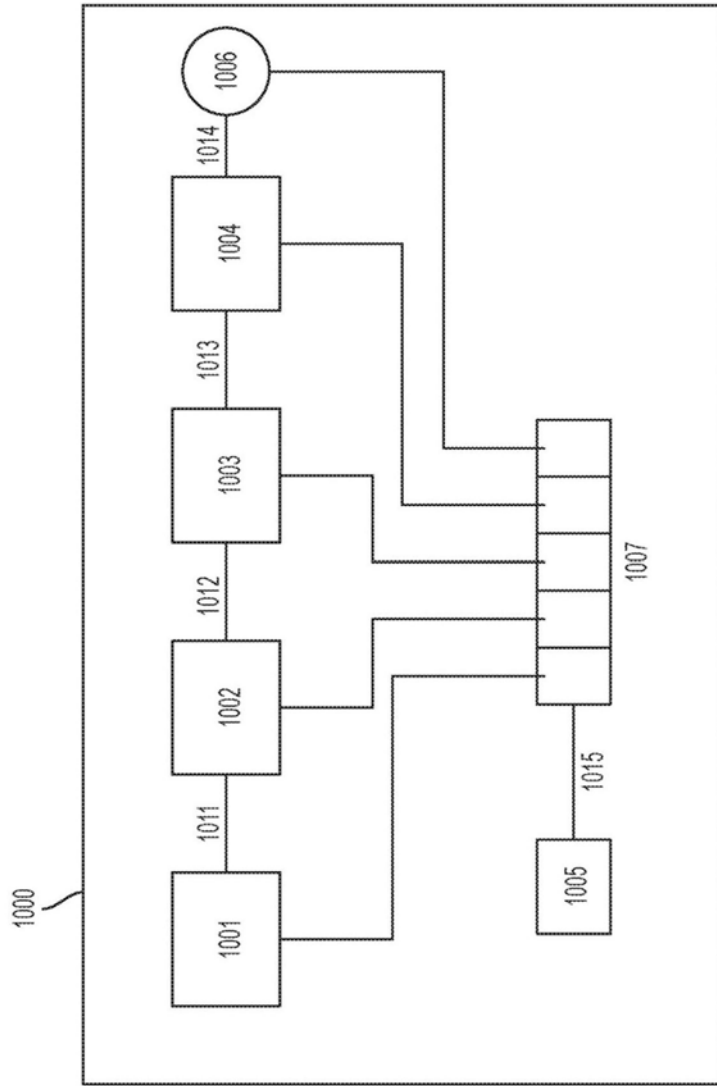


图10

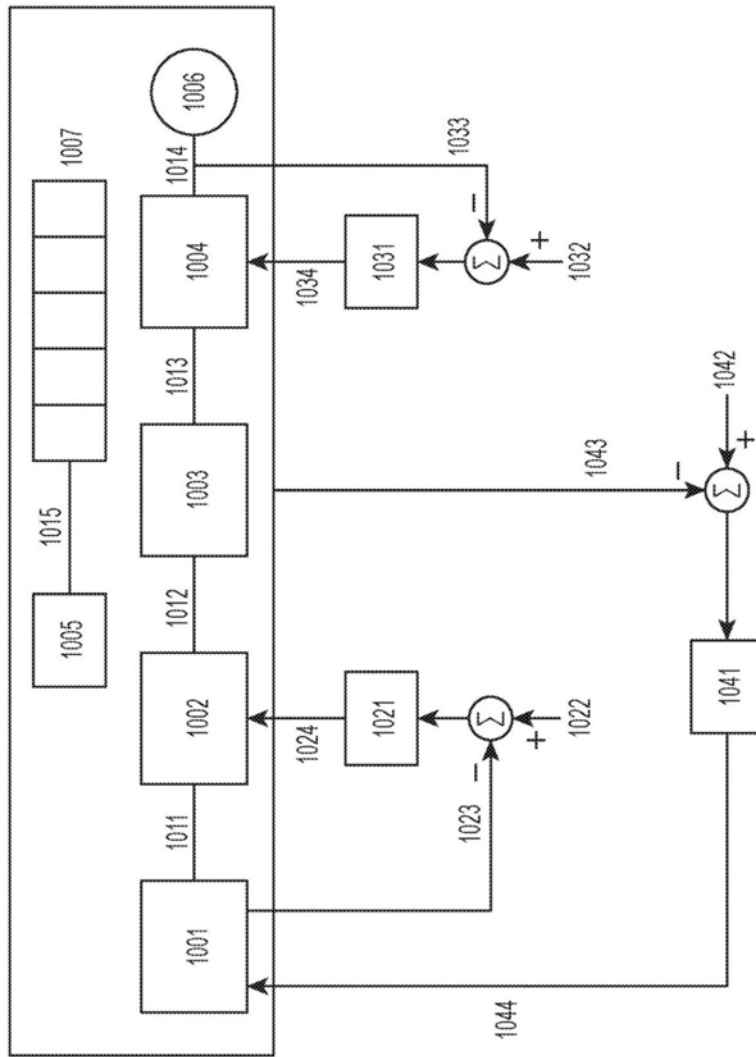


图11



图12

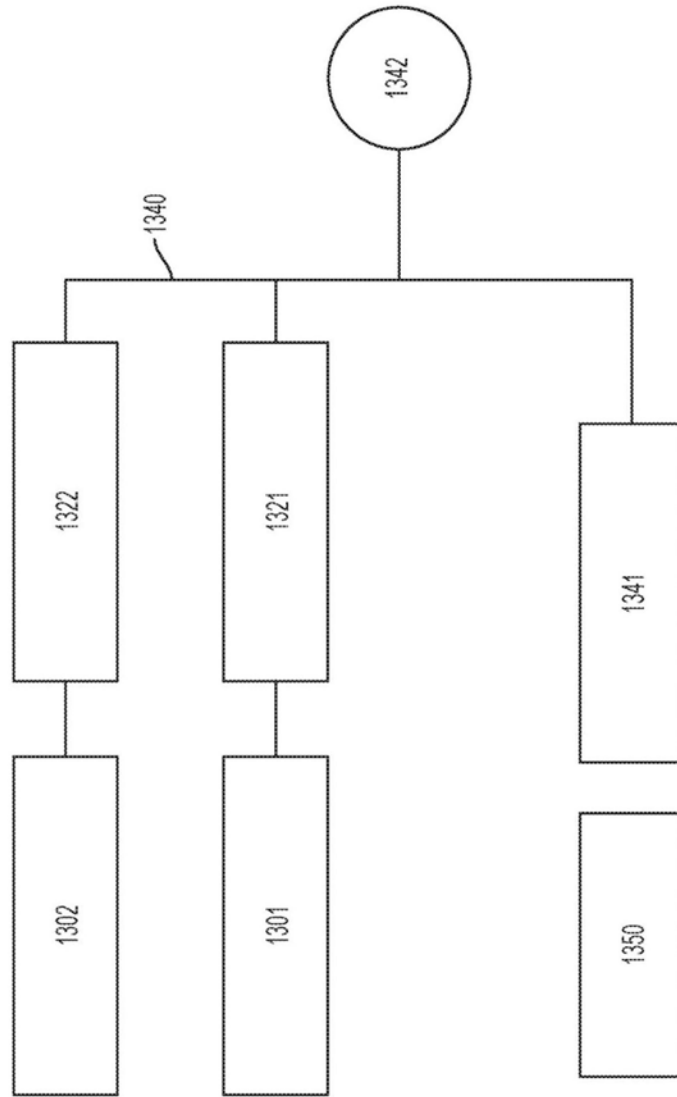


图13

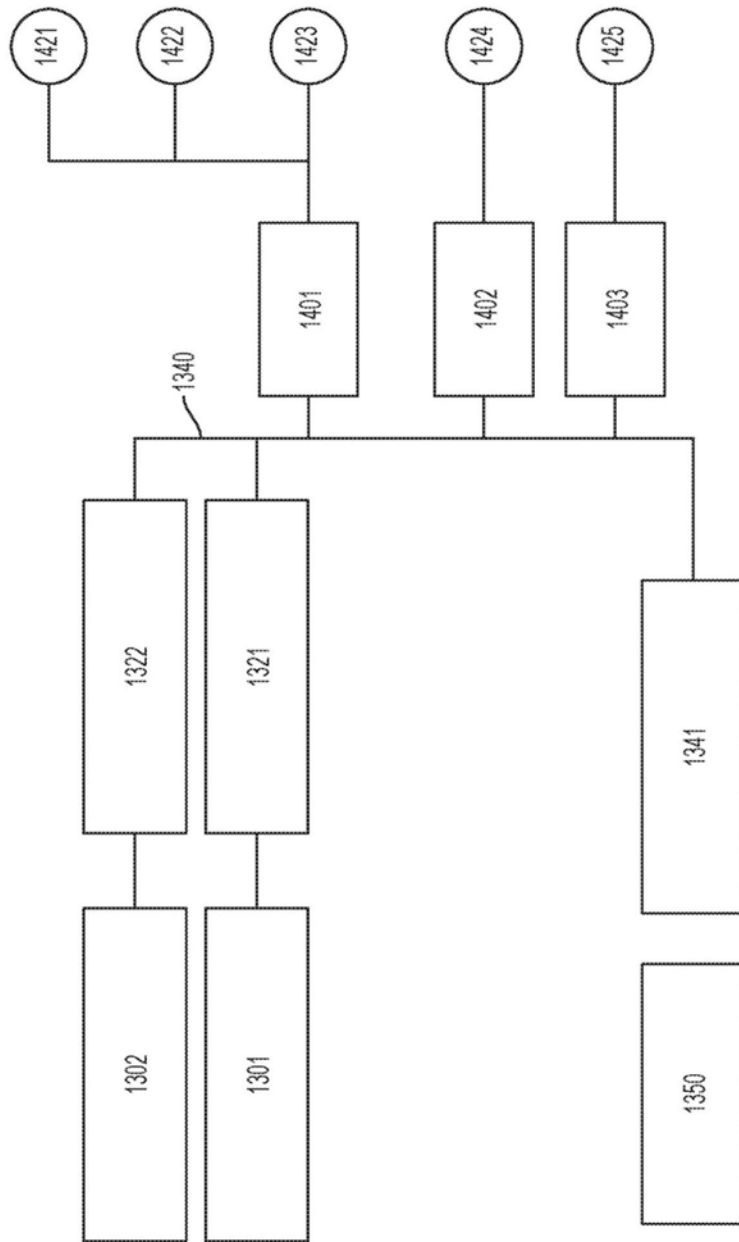


图14

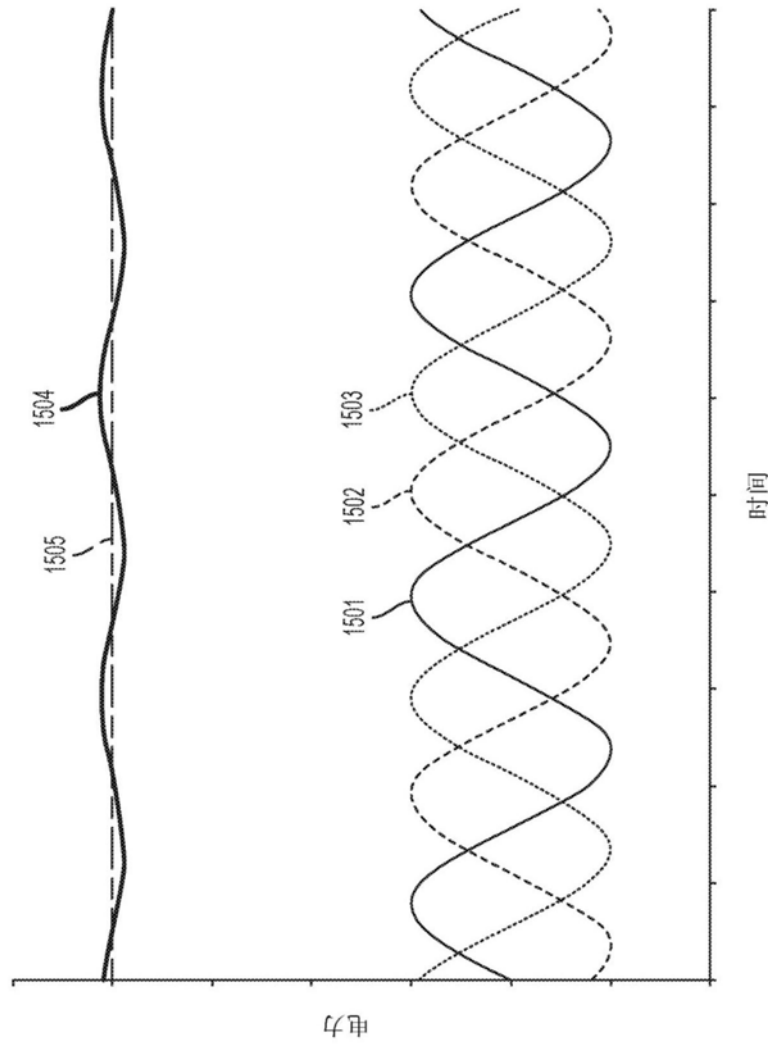


图15