



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109936248 A

(43)申请公布日 2019.06.25

(21)申请号 201811553357.7

(22)申请日 2018.12.18

(30)优先权数据

15/844,775 2017.12.18 US

(71)申请人 卡特彼勒公司

地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 E·雅各布森 J·塞博尔德

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 苏娟 朱利晓

(51)Int.Cl.

H02K 7/02(2006.01)

H02K 7/18(2006.01)

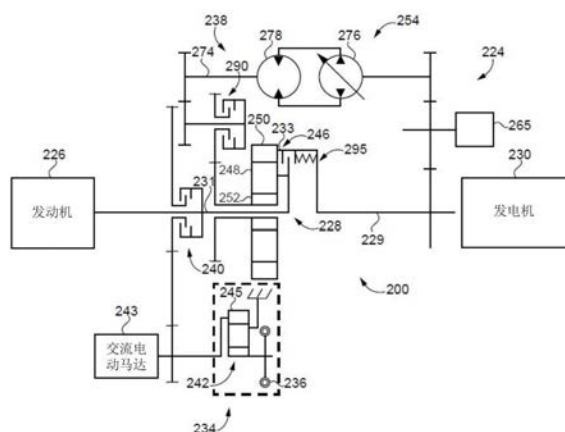
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

具有马达充电飞轮能量储存的电力系统

(57)摘要

电力系统包括发动机、发电机、包括驱动轴的传动系,以及具有飞轮的能量储存系统。在实施中,并联路径无级变速器被构造成在飞轮和驱动轴之间传递能量,并且在另一实施中,并联路径无级变速器在发动机和发电机之间传递能量。变速器包括变换器和差动齿轮系。电动马达连接到飞轮并且对飞轮充电,使得储存的飞轮能量可用于将发动机速度从待机状态提高和/或适应发电机负载随有限发电机速度变化的变化。



1. 一种电力系统,包括:

发动机;

发电机;

传动系,被构造成在所述发动机与所述发电机之间传递扭矩;

能量储存系统,具有飞轮、与所述飞轮联接的加速齿轮系、以及与所述加速齿轮系联接用于所述飞轮充电的电动马达;以及

离合器,能够在接合状态和脱离状态之间调节,在所述接合状态中,所述离合器将所述加速齿轮系联接到所述发动机或所述传动系中的至少一个,以在所述飞轮和所述发动机或所述传动系中的所述至少一个之间传递能量。

2. 根据权利要求1所述的电力系统,进一步包括并联路径无级变速器,所述并联路径无级变速器包括变换器和差动齿轮系,所述差动齿轮系具有构造成当所述离合器处于所述接合状态时与所述发动机以固定的速度比旋转的可旋转输入元件,以及可旋转输出元件;以及

其中所述变速器包括具有液压马达和可变排量泵的液压变换器。

3. 根据权利要求2所述的电力系统,其中所述无级变速器在所述传动系中,使得所述差动齿轮系在所述发动机和所述发电机之间形成机械联接;

所述变换器包括变换器输出轴,并且所述差动齿轮系包括至少一个可旋转速度控制元件,并且进一步包括联接在所述变换器输出轴与所述至少一个可旋转速度控制元件之间的第二离合器;以及

其中所述加速齿轮系与所述电动马达联接并且包括输入齿轮,所述输入齿轮被构造成当所述第一离合器处于所述接合状态时与所述发动机以固定的速度比旋转。

4. 根据权利要求2所述的电力系统,其中所述无级变速器联接在所述传动系和所述加速齿轮系之间;以及

其中所述可旋转输出元件被构造成以固定的速度比与所述飞轮旋转。

5. 一种操作电力系统的方法,包括:

操作联接在所述电力系统中的发动机与发电机之间的传动系;

通过所述传动系的操作来向所述发电机施加扭矩;

通过电动马达旋转在所述电力系统中的能量储存飞轮;

在接合状态与脱离状态之间调节所述电力系统中的离合器,在所述接合状态中,所述离合器将所述能量储存飞轮联接到所述发动机或所述传动系中的至少一个;以及

通过在接合状态与脱离状态之间调节所述离合器来改变在所述发动机、所述能量储存飞轮和所述发电机之间的能量传递。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中所述离合器的所述调节包括将所述离合器从所述脱离状态调节到所述接合状态,使得所述能量传递的改变包括启动从所述能量储存飞轮到所述发动机的能量传递;

所述传动系的所述操作包括当所述发动机处于待机模式时操作所述传动系;以及

其中,将所述扭矩施加到所述发电机包括施加由所述电动马达而不是所述发动机产生的扭矩。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述传动系的所述操作包括当所述发动机处于操

作模式时操作所述传动系;以及

其中,将所述扭矩施加到所述发电机包括施加由所述电动马达和所述发动机产生的扭矩。

8.根据权利要求6所述的方法,其中从所述能量储存飞轮到所述发动机的所述能量传递的所述启动包括响应于所述发电机的负载需求的变化而启动所述能量传递。

9.根据权利要求5所述的方法,其中所述传动系的所述操作进一步包括操作所述传动系中具有变换器和差动齿轮系的并联路径无级变速器;以及

其中所述变换器包括具有液压马达和可变排量泵的液压变换器。

10.一种用于电力系统的驱动系统,包括:

传动系,包括被构造成与发动机联接的输入轴、被构造成与发电机联接的输出轴、以及联接在所述输入轴与所述输出轴之间的并联路径无级变速器;

能量储存系统,与所述传动系联接,并且具有飞轮、与所述飞轮联接的加速齿轮系、以及与所述加速齿轮系联接用于所述飞轮充电的电动马达;以及

离合器,能够在接合状态与脱离状态之间调节,在所述接合状态中,所述离合器将所述加速齿轮系联接到所述输入轴,以便在所述飞轮和所述发动机或传动系中的至少一个之间传递能量。

## 具有马达充电飞轮能量储存的电力系统

### 技术领域

[0001] 本公开总体上涉及在动力系统飞轮能量储存,并且更具体地涉及其中电动马达设置用于飞轮充电的飞轮能量储存。

### 背景技术

[0002] 用于许多不同的机器的能量储存系统是众所周知并且被广泛地使用。从移动车辆应用中已知的系统(诸如再生制动系统)可以储存来自车辆减速的能量,否则该能量将在电能储存设备(诸如电池或电容器)中损失。液压系统一般在蓄压器等中储存能量用于随后的回收。飞轮已经用于储存动能达几个世纪,并且现在越来越多地施加在移动车辆和机械应用中。飞轮将动能储存在旋转转子中,当额外的能量可用时该旋转转子可以加速以储存能量,并且当需要时该旋转转子可以减速以提取储存的能量。例如,具有以每分钟数万转的转速的高速飞轮在商业上可用,已经实施在汽车领域并获得了一些商业上的成功。

[0003] 高速飞轮涉及的一个技术挑战是充电或通电的高速飞轮和与其相互作用的系统之间的不同的相对较大的速度。若是内燃机的情况下,发动机速度可以高达每分钟几千转,但仍然是飞轮的潜在数量级或比飞轮潜在的速度更大或更小。因为与重量大、体积大、速度慢的飞轮相反,通常希望使用相对较小和重量轻的飞轮,该飞轮将相对较快地旋转,通常需要用于匹配两个系统的速度的装置。

[0004] 由于机械变速器系统对作为在系统内的最大速度和/或速度比可以具有固有的结构和材料限制,因此已经提出了多范围变速器系统用于解决飞轮能量储存系统中的大速度比。工程师还提出了无级变速器或“CVT”系统,以在飞轮和发动机或具有原动机的其它机构之间传递扭矩。美国专利No.9,108,625提供了一种在驱动轮和蓄能设备之间的行星齿轮设备。行星齿轮设备的太阳齿轮连接到蓄能设备的输入轴。行星齿轮设备的载体连接到驱动轮。扭矩调节设备显然是电子控制的,以改变被实施到行星齿轮设备的环齿轮的制动扭矩,以减小输入轴与太阳齿轮之间的转速差。虽然’625专利中的策略可以具有某些应用,但是它相对复杂,并且在本领域中存在改进和其他进步的很大空间。

### 发明内容

[0005] 在一方面中,电力系统包括发动机、发电机以及构造成在发动机和发电机之间传递扭矩的传动系。电力系统进一步包括能量储存系统,该能量储存系统具有飞轮、与飞轮联接的加速齿轮系、以及与加速齿轮系联接用于飞轮充电的电动马达。电力系统进一步包括离合器,该离合器能够在接合状态和脱离状态之间调节,在接合状态中,离合器将加速齿轮系联接到发动机或传动系中的至少一个,以在飞轮和发动机或传动系中的至少一个之间传递能量。

[0006] 在另一方面中,操作电力系统的方法包括操作联接在电力系统中的发动机与发电机之间的传动系,并且通过传动系的操作来向发电机施加扭矩。该方法进一步包括通过

电动马达来旋转在电力系统中的能量储存飞轮。该方法进一步包括在接合状态和脱离状态之间调节电力系统中的离合器,在接合状态中,离合器将能量储存飞轮联接到发动机或传动系中的至少一个。该方法进一步包括通过在接合状态和脱离状态之间调节离合器来改变发动机、能量储存飞轮和发电机之间的传递能量。

[0007] 在又一方面中,用于电力系统的驱动系统包括传动系,该传动系具有被构造成与发动机联接的输入轴、被构造成与发电机联接的输出轴、以及联接在输入轴与输出轴之间的并联路径无级变速器。驱动系统进一步包括与传动系联接的能量储存系统,并且该能量储存系统具有飞轮、与飞轮联接的加速齿轮系、以及与加速齿轮系联接用于飞轮充电的电动马达。驱动系统进一步包括离合器,该离合器能够在接合状态和脱离状态之间调节,在接合状态中,离合器将加速齿轮系联接到输入轴,以在飞轮和发动机或传动系中的至少一个之间传递能量。

### 附图说明

- [0008] 图1是根据一个实施例的机器的侧视示意图;
- [0009] 图2是适用于图1中的机器的变速器的示意图;
- [0010] 图3是根据一个实施例的动力系统的示意图;
- [0011] 图4是根据一个实施例的能量储存系统的局部截面侧视图;
- [0012] 图5是示出根据一个实施例的能量储存系统中的变速器的功能特性的列线图;
- [0013] 图6是根据另一实施例的动力系统的示意图;
- [0014] 图7是根据又一实施例的动力系统的示意图;以及
- [0015] 图8是发电机负载变化期间的动力系统参数的曲线图。

### 具体实施方式

[0016] 参照图1,示出了根据实施例的机器10,并且包括具有安装在其上的操作员室22的机架12,并且其被支撑在地面接合推进元件14上。机器10包括具有悬臂18和铲斗20的液压致动机具系统16。机器10被示出为履带式机械的情况下用于挖掘、采矿和类似应用,并且在本领域中被称为正铲挖掘机。应当理解的是,机器10可以不是履带式机器,或者根本不是公路应用的机器。在非公路环境中,机器10可包括拖拉机、装载机、反铲挖土机、卡车或各种其它机器类型中的任何一个。公路用机器(诸如卡车等)也可以受益于在此提出的教导的应用。

[0017] 机器10还包括动力系统24、动力系统24、可旋转负载30和驱动轴28,其中动力系统24具有发动机26,例如内燃压燃式柴油机,驱动轴28被构造成用于在发动机26和可旋转负载30之间联接和传递扭矩。齿轮箱32也联接在驱动轴28和可旋转负载30之间。在所示实施例中,可旋转负载30(在下文中称“泵30”)包括被构造成提供加压液压流体到机具液压装置44的液压泵。机具液压装置44可以包括各种阀、导管、蓄能器、控制器、致动器和用于操作液压致动机具系统16的其它装置。泵30还可以被构造成提供液压流体到机器10的液压致动推进系统,诸如驱动地面接合元件14的液压马达(未示出)。驱动轴28可以包括单个轴、通过一个或多个万向接头联接在一起的多个轴、传递齿轮、差速齿轮和其它装置。齿轮箱32可以包括减速齿轮,例如,以在驱动轴28和泵30之间传递扭矩。其他机器负载,诸如

附加的泵、压缩机、牵引 驱动机器以及其他机器负载也可以通过功率系统24操作,其中功率从 驱动轴28输出。

[0018] 进一步应当理解的是,功率系统24可以被构造成不仅向各个部件 提供旋转功率或扭矩,而且潜在地还从系统的驱动部件接收旋转功率输 入或扭矩。例如,液压致动机具系统16可以被构造成在悬臂18下降期 间储存能量到蓄能器中,并且然后适当地返回用于提升悬臂18的能量。如将在本文进一步讨论的,泵30还可以包括液压泵/马达,当再生液压 可用时该液压泵/马达可以在马达模式下操作,以便旋转机器10的其他 部件用于能量储存的目的。例如,泵30可以被启动以驱动飞轮。而且, 机器10的推进系统可以被构造成根据多种策略回收制动机器10的能量 并且将再生能量储存为动能、流体压力或电能或化学能。

[0019] 功率系统24进一步包括被构造成从驱动轴28接收能量并且将能量 返回到驱动轴 28的能量储存系统34。当发动机26以过量的输出功率操 作时,至少在一段时间内,通过发 动机26产生的一些或基本上所有的 输出功率可以储存在能量储存系统34中。当需要超过 发动机26输出功 率的额外能量时,能量储存系统34中的储存的能量可以返回到驱动轴 28 或其它系统。除其他优点之外,这种总体策略可以使发动机26能够 以基本上恒定的速度操 作和/或平稳地管理瞬态,来辅助优化效率和废气 排放。能量储存系统34包括与驱动轴28 联接的变速器38,以及飞轮36, 或多个飞轮,诸如并联、串联或串并联组布置的多个飞轮。 能量储存系 统34还包括加速和/或减速齿轮系或齿轮42,以及联接在飞轮36和变 速器38 之间的离合器40。如从下面的描述中将进一步显而易见的,机 器10、功率系统24以及在本文 中设想的其他机器和功率系统的实施例 经独特地配置为用于在具有单一范围的装置中 的驱动轴28和飞轮36之 间有效地传递能量。

[0020] 现在还参见图2,示出了包括飞轮36(示出为飞轮模块)的能量储 存系统34的零部 件,以及包括差动齿轮系46(在图2中不可见,但是 位于变速器壳体58内)的变速器38的附 加的部件。图2中还示出了放 置在变换器壳体56内的变换器54。变换器54可以包括液压变 换器,并 且在图2中描述的变换器壳体56通过多个螺栓连接62安装在变速器壳 体58上。变 换器流体部件60也示出为联接到变速器壳体58和变换器壳 体56中的一者或两者。变换器 流体部件可以包括过滤器、冷却器、充 电泵、导管以及与液压变换器结合使用的各种其它 已知部件。可以设想 的是,将变换器壳体56和其他部件放置到外部变速器壳体58使得这些 便于使用的部件和系统能够容易并且容易接近以用于维修和诊断。

[0021] 现在转到图3,在示意图中示出了功率系统24和能量储存系统34 的附加的部件。 变换器54通常以常规方式联接到充电泵65。离合器40 示出为联接在差动齿轮系46和飞轮 36之间。加速齿轮系42示出为联接 在离合器40和飞轮36之间。在实施例中,传递齿轮(未编 号)可以向 加速齿轮系42输入扭矩并且从加速齿轮系42接收扭矩并且联接在离合 器40和 加速齿轮系42之间。在实施中,加速齿轮系42可以包括被构造 成将能量传递到一个或多个 飞轮36并且从一个或多个飞轮36接收能量 的行星齿轮组。

[0022] 差动齿轮系46还可以包括行星齿轮组,并且包括可旋转输入元件 48,该可旋转输 入元件48可与驱动轴28以固定的速度比旋转并且由驱 动轴28来旋转。差动齿轮系46还包 括可旋转输出元件50,该可旋转输 出元件50与飞轮36以固定的速度比旋转并且通过飞轮 36来旋转。差动 齿轮系46还进一步包括可旋转速度控制元件52,该可旋转速度控制元 件 52联接在可旋转输入元件48与可旋转输出元件50之间,并且该可旋 转速度控制元件52可

以具有多个零部件。在所示实施例中,变换器54 连接到可旋转输入元件48和可旋转速度控制元件52。可以设想的是,变换器54可以直接由发动机26的齿轮系驱动,或者直接由驱动轴28 驱动,或者由差动齿轮系46驱动。在其他实施例中,例如,变换器54 可以通过发动机26和/或驱动轴28的旋转解除联接的方式来提供动力,诸如在变换器54包括独立操作液压变换器或电动变换器的情况下。

[0023] 现在参考图4,更详细地示出了能量储存系统34的部件。可以看出 的是,变换器54包括与变换器输入轴80联接的液压泵76。变换器输入 轴80可以被固定成与发动机26和/或驱动轴28一起旋转,并且在如上 所注的一些实施例中可以机械联接差动齿轮系46上。变换器54还包 括与变换器输出轴74联接的液压马达78。变换器输入轴80和变换器输 出轴74可相对于彼此在一定速度比的范围内旋转。液压马达78可以正 向或反向操作,并且以便在一定的速度范围内旋转可旋转速度控制元件 52,并且改变可旋转输入元件48和可旋转输出元件50之间的速度差。变换器输出轴74可以联接到传递齿轮82,该传递齿轮82可以根据 设计要求加快或减慢变换器轴输出速度。还可以设想的是,如果需要,液 压 马达78可以在泵送模式下操作,以便驱动泵76并经由变换器输入轴80 向泵30施加扭矩。在实际的实施策略中,变换器54是完全可逆的,并 且泵76可以包括可变排量斜板式泵或任何其他合适的设计。

[0024] 本领域技术人员将认识到差动齿轮系46是如图4的示例中的行星 齿轮组。可旋转输入元件48可以包括环齿轮66或与环齿轮66联接并且 固定,以与环齿轮66一起旋转。可旋转输出元件50可以包括载体68 或联接到载体68。可旋转速度控制元件52可以包括太阳齿 轮70和多个 行星齿轮72,或联接到太阳齿轮70和多个行星齿轮72。因此,太阳齿 轮70和行 星齿轮72可理解为可旋转速度控制元件52,其可以改变可旋 转输入元件48和可旋转输出 元件50之间的速度差,并且因此改变变 速器38的输入速度和输出速度之间的差。如上所 述,变换器输入轴80可 以固定成与环齿轮66一起旋转。变换器输出轴74可以固定成与太阳 齿 轮0一起旋转。可旋转输出元件50还可以固定成与加速传动系42的输 入轴64和/或飞轮 36一起旋转。可以理解的是,各种其他齿轮结构可以 落在本公开的范围内,并且可以设想 这样的实施例,其中可旋转输入元 件48和/或可旋转输出元件50本身是更复杂的齿轮系中 的一个或多个齿 轮,而不是如图所示的轴等。还可以设想的是,多个变换器可以并联使 用 并且在各个端部彼此平衡。然而,可以设想的是,在图4中描述的布 置中,变速器38有单个 变速器的并联路径液压变速器,该单个变换器 具有固定成与环齿轮66一起旋转的泵和固 定成与太阳齿轮70一起旋转 的马达,来提供与尺寸、复杂性和包装限制相一致的实际实施 策略。

[0025] 现在参见图6,示出了根据一个实施例的电力系统124,并且该电 力系统124包括: 发动机126;泵30,泵30包括发电机130;以及传动 系128,传动系128被构造成在发动机126 与发电机130之间传递扭矩。发电机130联接到电网175或其他电负载,电网175或其他电负 载也可 以由附加的发电机130馈入。应当理解的是,许多不同类型的任何数量 的发电机可 以联接到电网175,其中的一些或全部可以通过由内燃机(诸 如发动机126)来提供动力。根 据电网175的电力负载需求,联接到电 网175的一些、没有或所有的发电机将在任何时间操 作。因此,应当理 解的是,发电机130和发电机130' 可以在操作中周期性地随着电负载需 求变化来改变、打开、关闭等。如将从以下描述中进一步显而易见的,电力系统124被构造

成使发电机130能够改变电力输出、在线或离线，而发电机速度没有显著的变化，并且在潜在地某些情况下基本上为零。然而，在这种操作变化期间，可以允许发动机126的速度改变。在实际的实现方式中，发动机速度可以比响应发电机130上的负载需求变化而发生的发电机速度的变化改变更大的相对程度。如在本文进一步讨论的，在电力系统124的部件之间改变的能量传递可以用于控制发动机速度。

[0026] 还可以注意到的是，电力系统124的许多部件、特征和操作特性与图1-5中阐述的部件、特征和操作特性相似或相同。并且，应当理解的是，在此对任何一个实施例的操作或部件的描述可以通过类似的方式来理解，除非另外指出，否则也指任何其它实施例的操作或部件。传动系128可以是驱动系统100的一部分，并且包括驱动轴129。驱动轴129可以包括能够在发动机126和发电机130之间形成机械联接的任何数量的轴或类似轴的部件（包括潜在的离合器、齿轮等）。驱动系统100，更具体地是传动系128，包括构造成与发动机126联接的输入轴131以及构造成与发电机130联接的输出轴133。驱动系统100进一步包括能量储存系统134，该能量储存系统134具有飞轮136、与飞轮136联接的加速齿轮系142、以及被联接到加速齿轮系142用于飞轮136充电的电动马达143（诸如交流电动马达）。加速齿轮系142还可以包括与电动马达143联接的输入齿轮145，该输入齿轮145当离合器140处于接合状态时以相对于发动机126的速度范围旋转。

[0027] 在实施中，为方便起见，本文以单数提及的飞轮136可以包括多个飞轮模块，类似于结合前面实施例描述的那些飞轮模块。加速齿轮系142还可以包括行星齿轮组，同样类似于结合前面实施例描述的行星齿轮组。电动马达143可以电连接到发电机130，或潜在地连接到电网175，或由又一机械或策略来供电。驱动系统100还包括能够在接合状态和脱离状态之间调节的离合器140，在接合状态中，离合器140将加速齿轮系142联接到发动机126或传动系128中的至少一个。离合器140可以包括任何合适结构的双作用离合器、多个单独的离合器或单个离合器，并且通常是液压致动的，尽管本发明不限于此。在图6的实施例中，离合器140在接合状态下将发动机126以固定的速度比联接到输入轴131，并且发动机126与输入轴131分离并且因此驱动系统100和发电机130都处于脱离状态。如将从以下描述中进一步显而易见的，脱离发动机126使得发动机126能够放置在待机模式下、关闭或者处于或低于低怠速操作，但是根据需要重新接合以适应对发电机130的需求。当发动机126被以这种通用方式分离时，电动马达143可以经操作以维持飞轮136的充电状态，并且另外地或替代地操作以旋转驱动系统100中的其他部件以及发电机130本身。本领域技术人员将理解，即使当电力系统124没有主动产生流向电网175的电力时，实际应用中保持驱动系统100和发电机130的一些部件或所有部件以某一最小速度旋转。如在本文进一步讨论的，其它实施方式预期使用飞轮能量传递到发动机126以加速或帮助加速发动机126，从而适应发电机130的负载需求，包括短期阶跃负载。

[0028] 电力系统124进一步包括具有变换器154的并联路径无级变速器138。变换器154可以包括液压变换器，其具有与可变排量泵176联接的液压马达178以及变换器输出轴174。变速器138可以进一步包括差动齿轮系146，诸如具有可旋转输入元件148和可旋转输出元件150的行星齿轮组，该可旋转输入元件150被构造成当离合器140处于接合状态时与发动机126以固定的速度比旋转。变速器138的操作类似于与充电飞轮136相关的操作以及与类似于从飞轮136向驱动轴129传递能量相关的操作，通常类似于结合前面实施例描



述的操作。应当理解的是,各种离合器、传递齿轮和其它部件可以联接在驱动轴129和飞轮136之间,包括在图6中示出但未标记的元件和/或未示出的元件。而且,并非预期 总共一个差动齿轮系实施例,其中根据情况提供多个差动齿轮系用于在 驱动轴129、飞轮136和发动机126之间达到速度匹配。在所示实施例中,可旋转输出元件150被构造成以固定的速度比与飞轮136旋转。用于变换器154的充电泵165也在图6中示出,并且可以由任何合适的装置提供动力。

[0029] 现在参见图7,示出了根据另一个实施例的电力系统224,并且该 电力系统224与图6的电力系统124具有某些相似性但也具某些差异。电力系统224包括发动机226、发电机230和驱动系统200,并且驱动系 统200具有被构造成在发动机226和发电机230之间传递扭矩的传动系 128。输入轴示为231,并且输出轴为233。驱动系统200还包括驱动轴 229,该驱动轴229可以以与在本公开其他地方描述的驱动轴类似的多 种方式来配置。电力系统224还包括能量储存系统234,该能量储存系 统234具有飞轮236、与飞轮236联接的加速齿轮系 242、以及被联接到 加速齿轮系242用于飞轮236充电的电动马达243。驱动系统200还包 括离合器240,该离合器240能够在接合状态和脱离状态之间调节,在 接合状态中,离合器240将加速齿轮系242并且因此将飞轮236联接 到 发动机226或传动系228中的至少一个。在所 示实施例中,离合器240 可以在将加速齿轮系242联接 到发动机226,同时将发动机226联接 到 输入轴231,因此根据驱动系统200中其他离合器的状态,将发动机226 同时联接 到加速 齿轮系242和飞轮246以及驱动系统200和发电机230 的其他部件。加速齿轮系242可以与电 动马达243联接,并且包括被构 造成当离合器240处于接合状态时与发动机226以固定的速 度比旋转的 输入齿轮245。

[0030] 电力系统224还包括并联路径无级变速器238,并联路径无级变速 器238包括变换器254。变换器254可以包括液压马达278和可变排量 泵276。充电泵在265处被示出。变换器 输出轴在274处被示出。变速 器238在传动系228内,使得差动齿轮系246在发动机226与发 电机230 之间形成机械联接,与图6中的实施例相反,其中变速器138联接在发 动机126与 飞轮136之间。差动齿轮系146包括至少一个可旋转速度控 制元件252,并且包括联接在变 换器输出轴274和可旋转速度控制元件 252之间的第二离合器290。第三离合器295与在输 出轴233和发电机 230之间的差动齿轮系246联接。应当注意到的是,图6的实施例的应 用包括当发动机126处于待机模式时将能量从飞轮136传递到发动机 126并且与电力系统124 的其他部分脱离,以及在如下应用,发动机126 正在操作以旋转电力系统124的其他零部件 并且将飞轮能量传递以加速 发动机126,从而适应发电机阶跃负载。电力系统224可以类似 地操作 以使发动机226从待机状态到运行,或增加发动机速度以增加发动机功 率输出,从 而适应发电机阶跃负载。本领域技术人员将理解其它操作特 性和应用,包括不仅将能量分 别从飞轮136和236传递到发动机126和 226,而且还用于将能量分别从传动系128和228传 递到飞轮136和236。

#### [0031] 工业实用性

[0032] 现在总体上参见附图,在发动机26的操作过程中,驱动轴28可以 旋转以使齿轮箱 32中的齿轮旋转并且将扭矩施加到可旋转负载(诸如 泵30上)。如上所述,可旋转负载可以 包括机器传动系、工业或采矿 设备或通常重型机械的一些其它部件中的最终驱动器。能量 储存系统34 可以被构造成使得飞轮36通过断开可控锁离合器等来被从变速器38分 离。还

可以设想的是,变换器54和/或其它部件可控制地设置在这样的状态,即,当飞轮36和驱动轴28之间的机械连接不中断时,目前在飞轮36和驱动轴28之间没有能量传递。然而,如在本文进一步讨论的,可以设想的是,能量储存系统34在很多时间或基本上全部时间用来操作,使得能量在驱动轴28和能量储存飞轮36之间传递,其中通过变换器54来控制能量传递的模式,如下进一步描述。

[0033] 总的来说,如果载体68加速,飞轮36也加速并且能量将从驱动轴28和可旋转输入元件48流到飞轮36。如果载体68减速,则飞轮36减速并且能量将从飞轮36流到可旋转输入元件48和驱动轴28。如果环齿轮66具有恒定的正速度并且太阳齿轮70具有正加速度,则载体68将趋于加速。太阳齿轮70的加速度与变换器输出轴74的加速度成正比,并且变换器输出轴74的速度与变换器输入轴80的速度、液压泵76的排量和液压马达78的排量成正比。变换器输出轴74的加速度与液压泵76的排量变化率成比例。因此,飞轮36的加速或减速以及因此流入或流出飞轮36的能量流可以与液压泵76的排量的变化率成比例。本领域技术人员将理解的是,结合附加的或替代的速度控制元件(例如差动齿轮系)和/或对动力系统24的结构的其他改变可以导致不同的能量传递模式或模式。

[0034] 只要驱动轴28旋转,环齿轮66和可旋转输入元件48通常将连续旋转。因此可以理解的是,通过改变与变换器54的差动齿轮系46中的齿轮(诸如太阳齿轮70)的速度,在驱动轴28和飞轮36之间的能量传递的模式(包括能量传递的大小或能量传递的方向中的至少一个)可以变化。太阳齿轮70的速度的变化响应于液压马达78的速度的变化而发生,液压马达78的速度的变化又响应于泵76在所示结构中的排量变化而变化。响应于输出轴133的速度的变化,从能量储存飞轮到驱动轴28或从驱动轴28到能量储存飞轮的能量的传递可以启动、增加、减少或中断。在本文描述的与匹配速度和控制飞轮36与驱动轴28之间的能量传递的大小和/或方向相关的灵活性是通过单范围变速器实现的。然而,应当理解的是,可以在根据本公开的变速器配置中提供多个范围。

[0035] 现在参见图5,示出了示出动力系统24和能量储存系统34的功能和相关性能的列线图。在列线图90中的附图标记92指示环齿轮66的速度输入。线94表示环齿轮66的恒定速度。除非发动机速度改变,否则这些部件和与其直接联接的部件将不改变。线98表示在零速线之上和之下由变速器输出轴74驱动的太阳齿轮70的速度范围。附图标记99指示载体68的速度范围和通常的飞轮速度,尽管应当理解的是,在载体速度和飞轮速度之间可以使用15:1或甚至更大的比率。

[0036] 电力系统124和224可以以这样一种方式操作,即,从前面描述的本文设想的其它实施例的操作在许多方面可以理解这种方式,但具有某些差异。而且,应当理解,电力系统124的某些操作特性和特性可以不同于电力系统224的操作特性和特性。操作电力系统124、224可以包括操作传动系128、228以向发电机130、230施加扭矩。如上所述,传动系128、228的操作可以全部或部分地通过将能量从飞轮136、236传递到传动系128、228来实现。例如,发动机126、226可以完全不向传动系128、228施加扭矩,其中电动马达143、243用于操作传动系128、228并且将电力系统124、224的旋转部件维持在某个最小旋转速度。在其他情况下,电动马达143、243可以用于维持飞轮充电,补偿寄生损耗,而发动机126、226以其他方式满足发电机130、230的功率需求。在接合状态和脱离状态之间调节离合器140、240可以改变发动机126、226、飞轮136、236和发电机130、230之间的能量传递。当希望启动

从飞轮136、236到发动机126、226的能量传递时,离合器140、240可以接合以开始加速发动机126、226。在发动机126、226处于待机模式的情况下,随着传动系128、228以其他方式操作,接合离合器140、240可以将发动机126、226逐渐加速到不管需要任何功率输出发动机126、226都可以适应的速度。应当理解的是,离合器压力可以(结合图6的实施例相对图7的实施例)进行不同地调节,至少是由于目标发动机上即将到来的负载需求可以基于在系统架构中的差异来改变的原因。在发动机126、226已经处于工作模式而不是待机模式时作为动力辅助传递飞轮能量的情况下,可以执行类似的处理以使发动机126、226达到所需要的速度。还应当理解的是,发动机126、226的速度可以响应于发动机126、226、飞轮136、236、发电机130、230之间的能量传递的变化而改变,而不改变或基本上不改变发电机130、230的速度。在发动机速度响应于从飞轮136、236传递能量而变化的情况下,发动机速度可以比响应于发电机负载变化而发生的发电机速度的任何变化更大程度地变化。例如,这种能力可以辅助发电机输出频率与电网175要求或需要的频率匹配。在图7的实施例的情况下,以在本文描述的方式操作传动系228和能量储存系统234可以包括操作变速器238以传递扭矩到发动机226和/或飞轮236,或从发动机226和/或飞轮236,或从马达243传递扭矩。关于图6的实施例,以在本文描述的方式操作传动系128可以包括操作变速器138以传递扭矩到发动机126和/或飞轮136,或从发动机126和/或飞轮136,或从马达143传递扭矩。在任一情况下,如在本文描述的,扭矩可以从可用电动马达、飞轮或发动机源中的一个或一个以上传递到对应发电机130、230。例如,将扭矩施加到发电机130、230可以包括施加由电动马达143、243和发动机126、226产生的,或由电动马达143、243而不是由发动机126、226产生的扭矩。

[0037] 现在参考图8,示出了将在y轴上的根据本公开的不同电力系统操作参数与在x轴上的时间关联的复合图。在迹线或条带306中,马达速度比365被示出,其指示了根据本发明如何控制变换器以匹配发动机速度和发电机速度。在时间 $t_0$ ,变换器马达离合器打开,使得变换器“浮动”,并设定为零排量。在另一条带302中发电机负载315被示出。当首先检测到发电机负载或负载变化时,发动机和飞轮离合器可以接合以将飞轮联接到发动机并且开始通过飞轮储存的能量将发动机拉高到适当速度。在条带302中还示出了发动机负载320和发动机燃烧功率325,发动机负载320和发动机燃烧功率325中的每一个通过大约时间 $t_3$ 开始改变。在时间 $t_3$ 之后并且在稍后的时间 $t_4$ 之前,在另一条带303中示出的发动机速度340继续爬升,并且发动机燃烧功率320开始有助于涵盖发电机负载315。并且在时间 $t_3$ 和时间 $t_4$ 之间,发电机下降停止并恢复。在另一条带305中,例如,对应于离合器290的离合器压力的马达离合器压力在355处被示出,反映经调节以将能量从变换器传递到差动齿轮系的离合器压力。在条带304中还示出了在345处的发电机速度和在350处需要的发动机速度。在另一条带303中发动机离合器压力在330处被示出,飞轮离合器压力在335处被示出。在另一条带301中飞轮速度在310处被示出。

[0038] 图8所示的操作参数可以理解为施加到图7的实施例,然而,应当被理解的是,图8所示的方法和属性可以全部或部分地施加在本文设想的其他实施例。如上所述,在时间 $t_1$ ,首先检测发电机负载或负载变化。可以看出的是,例如,随着泵排量增加,速度比365响应于发电机负载而变化。在大约时间 $t_3$ ,离合器压力355增加,以便将变换器输出扭矩施加到差动齿轮系。如在条带304中所示,在时间 $t_2$ ,需要的发动机速度快速增加,并且发动

机速度340或多或少逐渐增加,基本上不改变发电机速度345,直到发动机速度和发电机速度最终匹配的点。在条带303中可以看到的是,飞轮离合器压力335在时间 $T_1$ 和 $T_2$ 之间增加,在从飞轮236传递能量到发动机的期间将保持稳定,并且然后在时间 $t_3$ 减小到大约零。在大约时间 $t_3$ ,发动机离合器压力330增加以完全接合发动机。应当注意到的是,离合器240可以包括具有可单独控制的压力多个离合器。在条带301处,在时间 $t_4$ ,飞轮速度310逐渐减小到近似最小值。当飞轮离合器压力下降回到零并且不再需要从飞轮236传递能量,联接到飞轮的电动马达可以在大约时间 $t_4$ 开始或者潜在地其后使用。

[0039] 本公开仅用于说明的目的,不应理解为以任何方式缩小本公开的广度。因此,本领域技术人员将理解的是,在不脱离本公开的全部和合理的范围和精神的情况下,可以对当前公开的实施例进行各种修改。通过阅读附图和所附权利要求,其他方面、特征和优点将是显而易见的。如在本文使用的,冠词“一”和“一个”旨在包括一个或多个项,并且可以与“一个或多个”互换使用。在仅希望一项的情况下,使用术语一个或类似语言。并且,如本文使用的术语“具有”等旨在是开放式术语。进一步,除非另外明确说明,否则短语“基于”是指“至少部分地基于”。

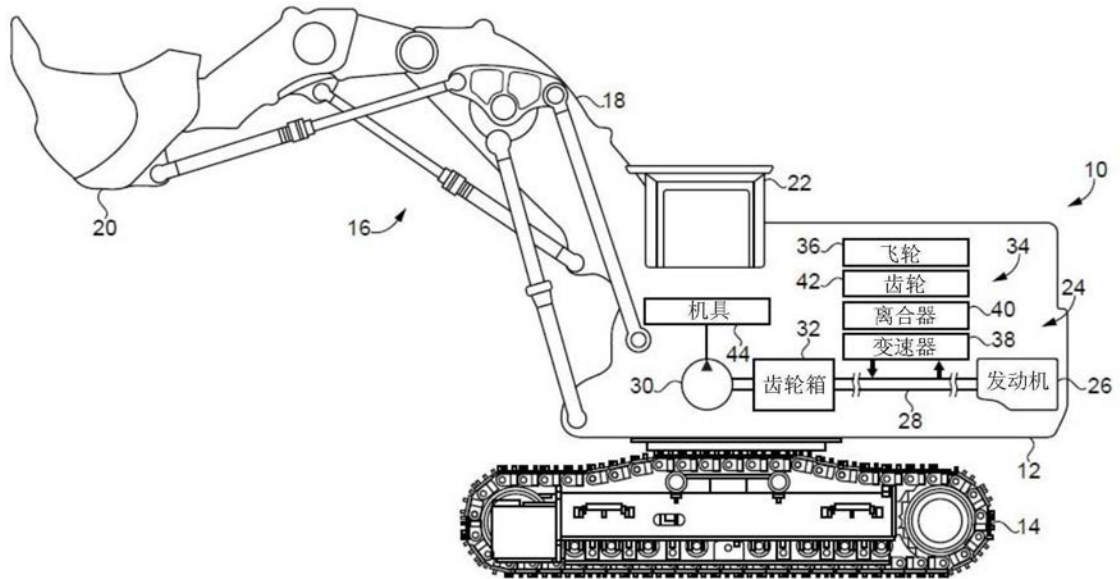


图1

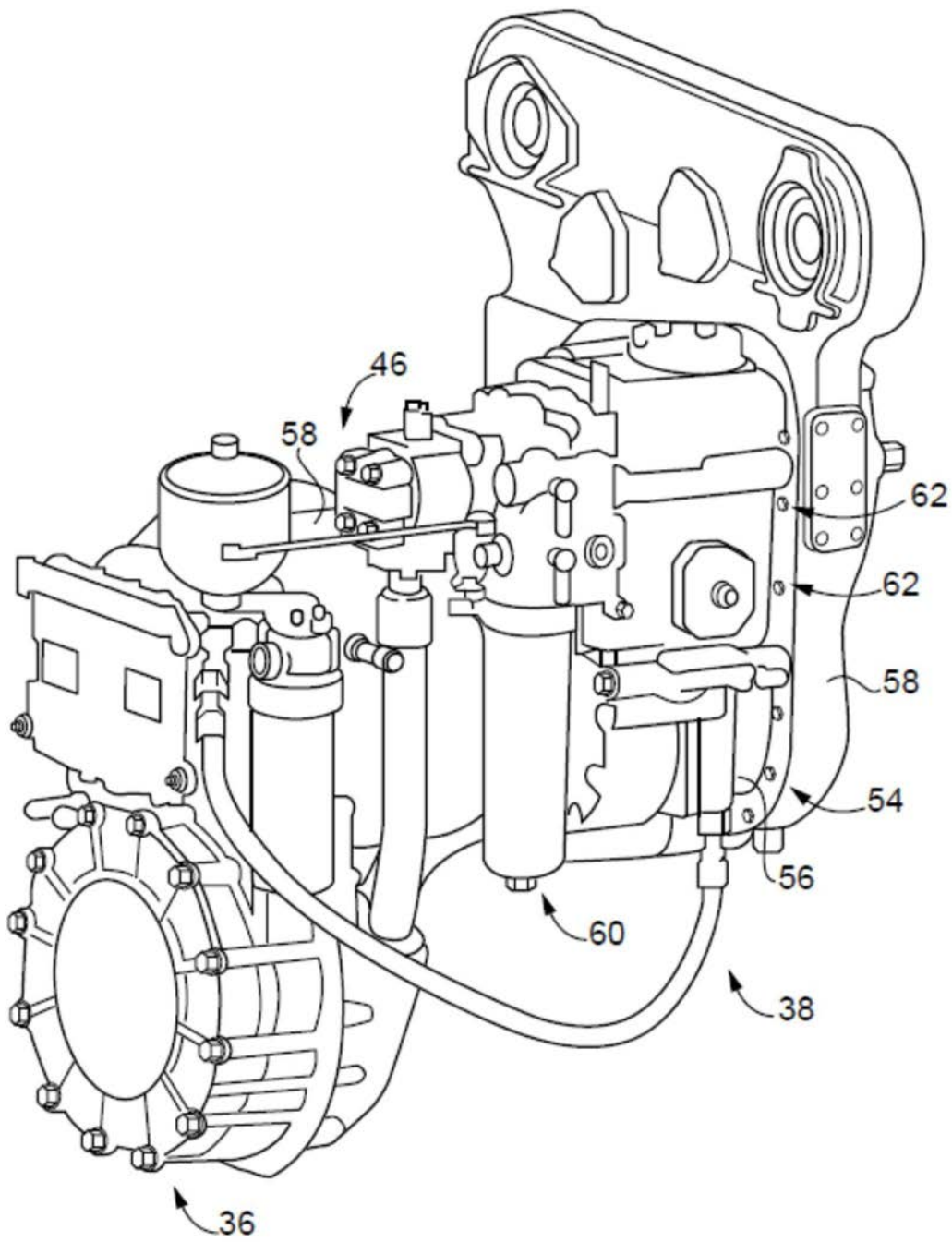


图2

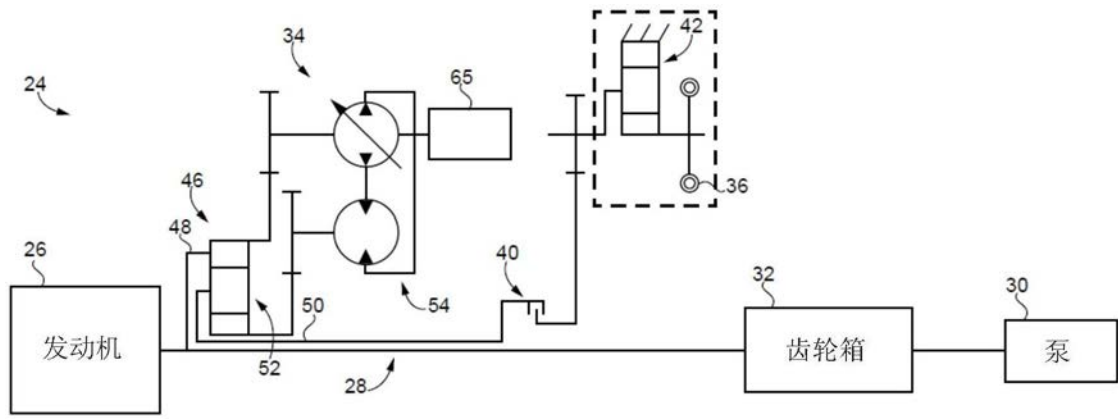


图3

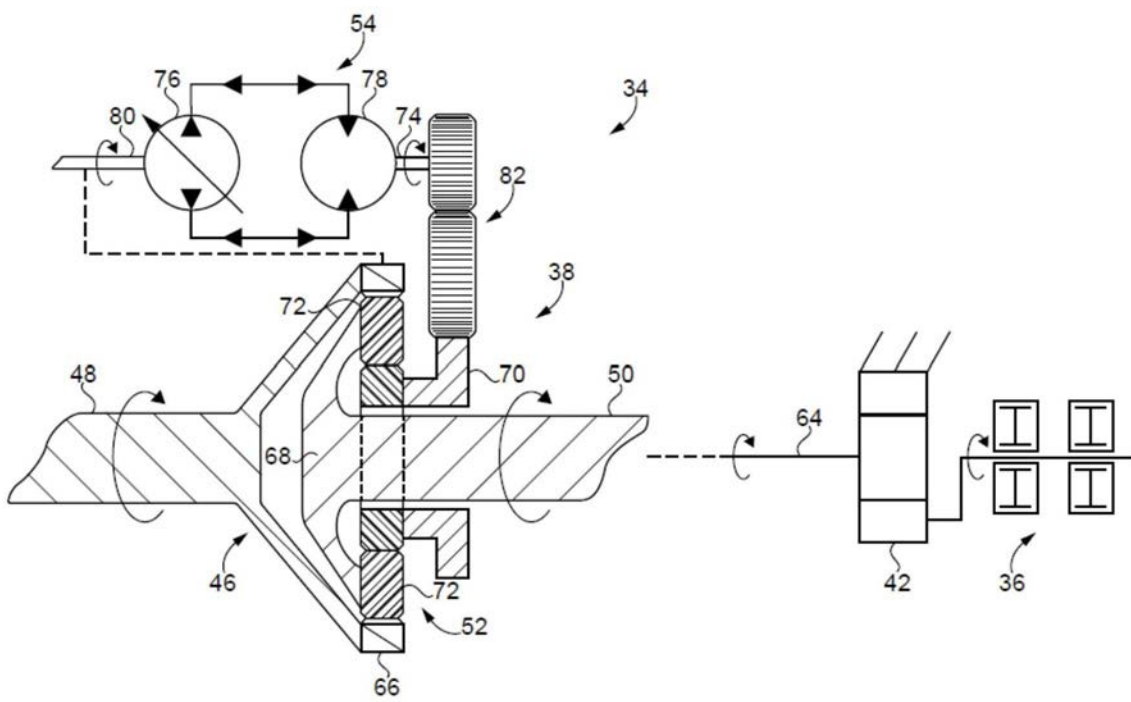


图4

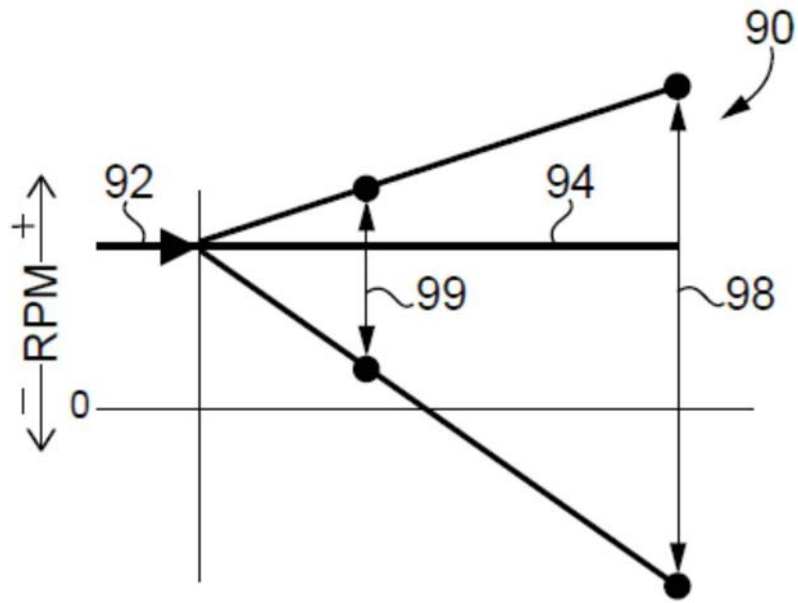


图5

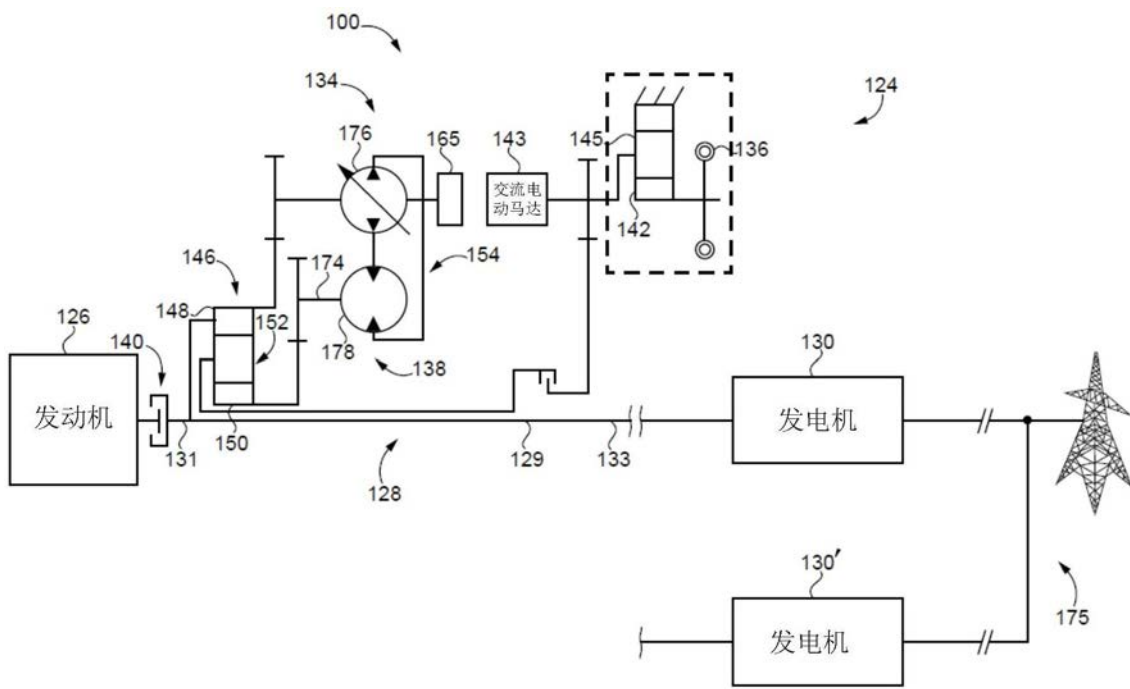


图6



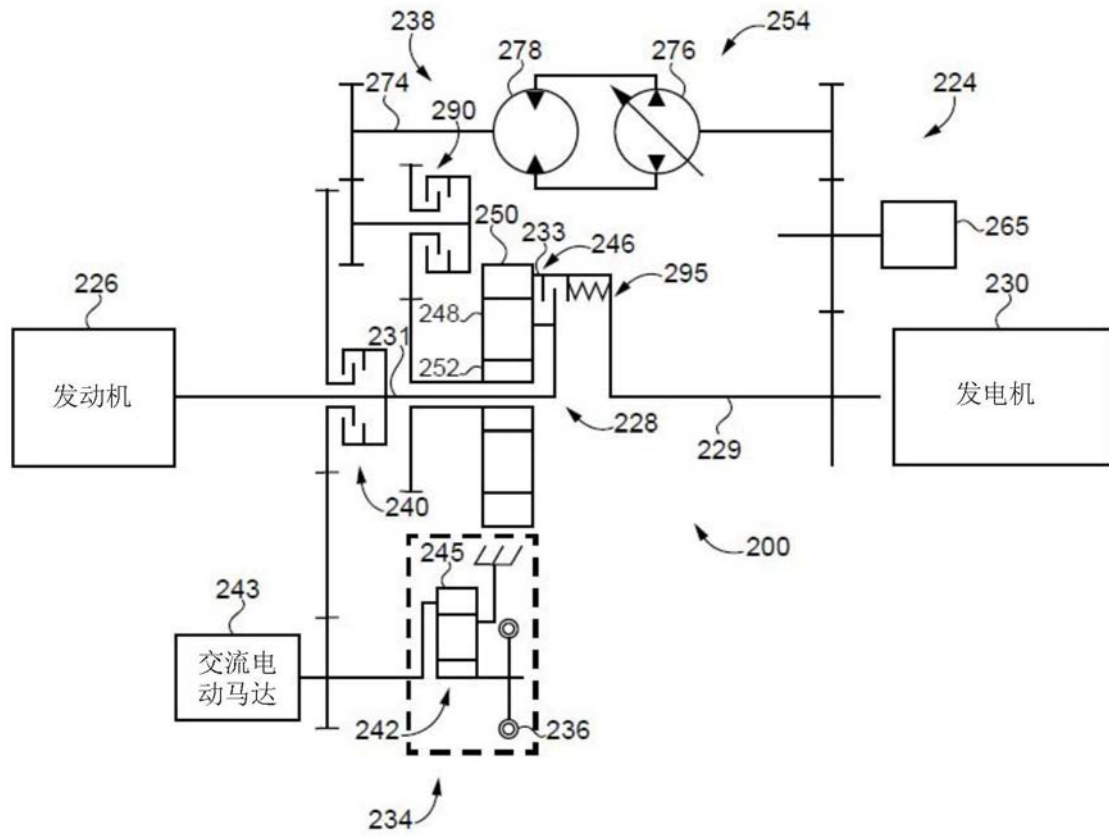


图7

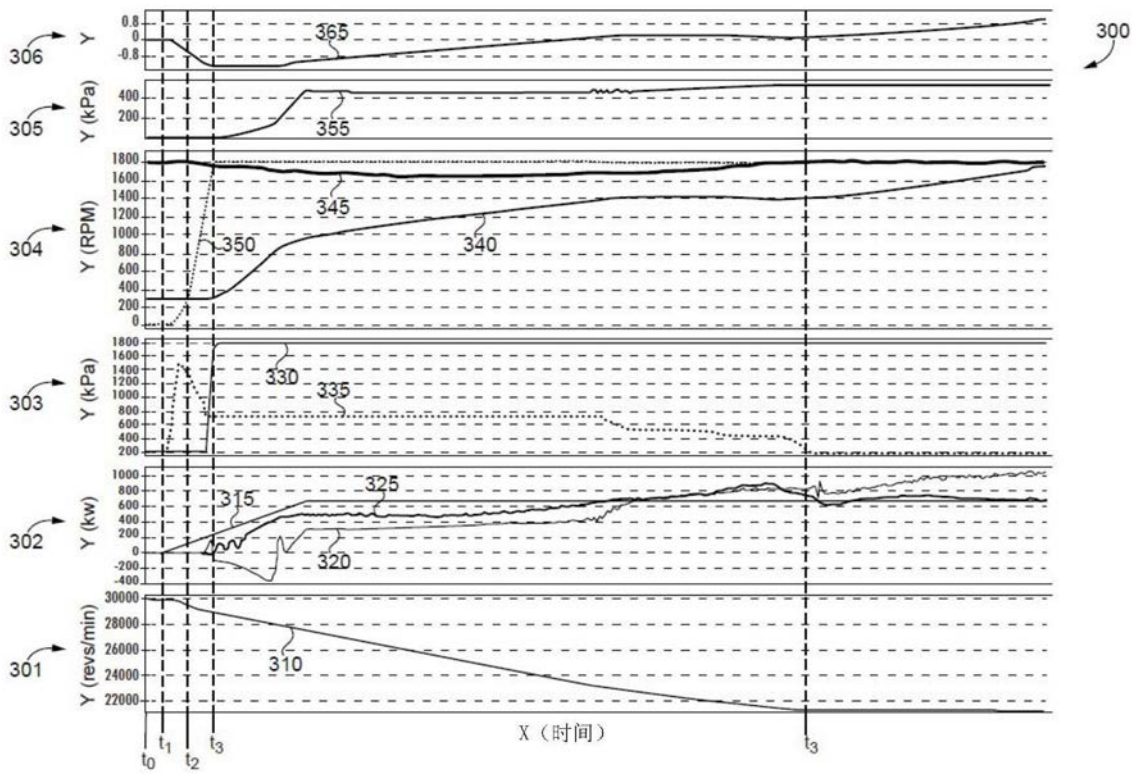


图8