



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107848773 B

(45)授权公告日 2020.03.13

(21)申请号 201680046577.3

(22)申请日 2016.06.21

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107848773 A

(43)申请公布日 2018.03.27

(30)优先权数据  
102015008038.5 2015.06.23 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.02.07

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2016/001055 2016.06.21

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02016/206800 DE 2016.12.29

(73)专利权人 利勃海尔比伯拉赫零部件有限公司

地址 德国里斯河畔比伯拉赫

(72)发明人 于尔根·雷施

(74)专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理有限公司 11290

代理人 陈桂香 曹正建

(51)Int.Cl.  
B66C 13/22(2006.01)

审查员 武衡科

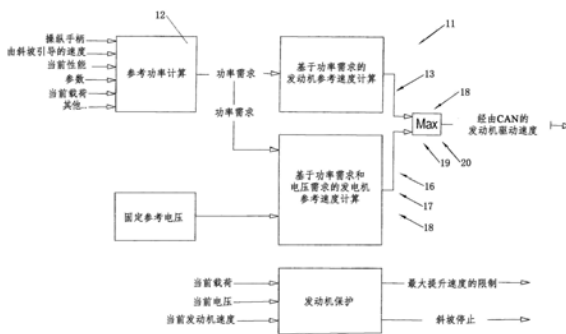
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

起重机及用于控制起重机的方法

(57)摘要

本发明涉及起重机(1),特别是集装箱堆垛起重机或龙门架式起重机形式的起重机,这种起重机包括:电动致动器(6),其使载荷和/或起重机元件提升和/或行进;发电机(9),其向所述致动器供应能量;内燃发动机(10),其驱动所述发电机;输入装置(14),其被用来输入用于所述致动器的控制命令;以及控制装置(11),其根据所输入的控制命令来控制所述致动器。本发明还涉及这种起重机的控制方法。根据本发明,所述控制装置具有:判定装置(12),其基于被用来输入用于所述致动器的控制命令的所述输入装置的开动和所述致动器的当前运转状态来判定和/或估计所述致动器的未来功率需求;以及发动机控制单元,其根据所估计和/或所判定的未来功率需求来控制所述内燃发动机。



1. 一种集装箱堆垛起重机或龙门架式起重机形式的起重机,其包括:  
电动致动器(6,7,8),其使载荷和/或起重机元件提升和/或行进;  
发电机(9),其向所述电动致动器(6,7,8)供应能量;  
内燃发动机(10),其驱动所述发电机(9);  
输入装置(14),其输入用于所述电动致动器(6,7,8)的控制命令;以及  
控制装置(11),其根据所输入的控制命令来控制所述电动致动器,  
其特征在于,

所述控制装置(11)包括:判定装置(12),其基于所述输入装置(14)的开动和所述电动致动器(6,7,8)的当前运转状态来判定和/或估计所述电动致动器(6,7,8)的未来功率需求;以及发动机控制单元(13),其根据所估计和/或所判定的未来功率需求来控制所述内燃发动机(10),

其中,所述控制装置(11)将所述内燃发动机(10)的转速调节到运转点,使得在所述运转点处,所述内燃发动机(10)以基本上没有多余功率的方式提供了所判定的/所估计的功率需求,

其中,所述发动机控制单元(13)包括:速度控制装置(19),其根据所述电动致动器(6,7,8)的未来功率需求和当前运转状态来可变地控制所述内燃发动机(10)的转速,

其中,所述电动致动器(6,7,8)能够直接且完全地被供应分别由至少一个所述发电机(9)当前提供的电能,并且未设置用于由所述发电机(9)产生的电能的中间储存器,

其中,所述控制装置(11)被设置成:通过考虑所述内燃发动机(10)的功率限制,来限制所述电动致动器(6,7,8)的速度和/或加速度。

2. 根据权利要求1所述的起重机,其中,所述控制装置包括:

加速度控制模块(16),其控制所述内燃发动机(10)的加速度和/或所述电动致动器(6,7,8),以使得随着未来功率需求的增加,在所述电动致动器(6,7,8)实际达到这一未来功率需求之前,使所述内燃发动机(10)进入为这一未来功率需求而确定的所述内燃发动机的运转状态。

3. 根据权利要求2所述的起重机,其中,所述加速度控制模块(16)被构造成:以使得能够刚好及时地达到由所判定的未来功率需求要求的所述内燃发动机(10)的运转状态的最小必要和/或最小可能加速度,来调节所述内燃发动机(10)。

4. 根据权利要求2或3所述的起重机,其中,所述加速度控制模块(16)包括:

确定装置(17),其确定当所述电动致动器(6,7,8)达到未来功率需求时的时间点和/或时间段;以及

加速度确定装置(18),其根据所确定的时间点或所确定的时间段来确定所述内燃发动机(10)的加速度。

5. 根据权利要求1所述的起重机,其中,所述速度控制装置(19)被形成得能够调整用于达到未来功率需求的最小必要和/或最小可能速度变化。

6. 根据权利要求1至3中任一项所述的起重机,其中,所述发动机控制单元(13)包括:

转矩控制装置(20),其根据所述电动致动器(6,7,8)的未来功率需求和当前运转状态来可变地控制所述内燃发动机(10)的转矩。

7. 根据权利要求1至3中任一项所述的起重机,其中,所述控制装置(11)经由变频器来

控制所述电动致动器(6,7,8)。

8. 根据权利要求1至3中任一项所述的起重机,其中,所述判定装置(12)被构造成参照下列各项来判定所述电动致动器的未来功率需求:

- 所述输入装置(14)的开动的强度和/或速度和/或方向;和/或
- 与所输入的控制命令有关的所述电动致动器(6,7,8)的数量;和/或
- 与控制命令有关的所述电动致动器(6,7,8)的身份;和/或
- 由所输入的控制命令要求的速度和/或与控制命令有关的所述电动致动器的致动运动的请求方向。

9. 根据权利要求1至3中任一项所述的起重机,其中,所述发动机控制单元(13)被构造成根据所述发电机(9)的速度-电压曲线来确定所述内燃发动机(10)的转速。

10. 一种用于控制起重机(1)的方法,

所述起重机具有:

电动致动器(6,7,8),其使载荷和/或起重机元件提升和/或行进;

发电机(9),其向所述电动致动器(6,7,8)供应能量;

内燃发动机(10),其驱动所述发电机(9);

输入装置(14),其输入用于所述电动致动器(6,7,8)的控制命令;以及

控制装置(11),其根据所输入的控制命令来控制所述电动致动器,所述方法包括以下步骤:

- 检测所述输入装置(14)的开动和/或由所述输入装置(14)的开动产生的控制命令;
- 基于所检测到的所述输入装置(14)的开动和/或基于所检测到的由所述输入装置(14)的开动产生的控制命令,由所述控制装置(11)计算和/或估计和/或判定所述电动致动器(6,7,8)的未来功率需求;并且

-在所述电动致动器(6,7,8)达到由所述输入装置(14)的控制命令请求的运转点且达到相应的功率需求之前,将所述内燃发动机(10)的转速和/或转矩调节到运转点,使得在所述运转点处,所述内燃发动机(10)以基本上没有多余功率的方式提供了所计算的/所估计的功率需求,

其中,根据所述电动致动器(6,7,8)的未来功率需求和当前运转状态来可变地控制所述内燃发动机(10)的转速,

其中,所述电动致动器(6,7,8)能够直接且完全地被供应分别由至少一个所述发电机(9)当前提供的电能,并且未设置用于由所述发电机(9)产生的电能的中间储存器,且

其中,所述控制装置(11)被设置成:通过考虑所述内燃发动机(10)的功率限制,来限制所述电动致动器(6,7,8)的速度和/或加速度。

## 起重机及用于控制起重机的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种起重机,特别是集装箱堆垛起重机或龙门架式起重机(gantry crane)形式的起重机,这种起重机包括:电动致动器,其用于使载荷和/或起重机元件提升和/或行进;发电机,其向所述电动致动器供应能量;内燃发动机,其驱动所述发电机;输入装置,其输入用于所述电动致动器的控制命令;以及控制装置,其根据所输入的控制命令来控制所述电动致动器。本发明还涉及一种用于控制这种起重机的方法。

### 背景技术

[0002] 在本申请的上下文中,术语“起重机”应该被广义地理解,并且在最广泛含义上也可以包括诸如支架式运输车、叉车等工业卡车或者诸如跨运车(straddle carrier)等其他起重装置,特别地,可以被理解为集装箱堆垛起重机、港口龙门架式起重机、所谓的RTG起重机(即,带有集装箱用的橡胶轮胎的龙门架式起重机)、以及建筑起重机(例如塔式起重机、伸缩式起重机或井架式起重机)。

[0003] 在被由内燃发动机运转的发电机供电的这种电动起重机(即具有电动驱动器的起重机)中,在空载时或在部分载荷运转中通常会出现高于平均值的燃料消耗,这是因为发电机单元通常以例如50或60赫兹的固定频率运转。

[0004] 为了降低特别是在空载时的消耗,已经存在有如下方法:当所有的电动驱动器都关闭时,内燃发动机的转速就被降低了。特别地,当使用了变频器(frequency converter)来致动这些电动驱动器时,不再需要提供具有固定频率的电压源(例如,前述50或60赫兹电源)。由于变频器可以被用来使施加到电动致动器的电网频率(grid frequency)相对于发电机速度而发生改变,因此就能够让用于驱动发电机的内燃发动机以自由可选的频率进行运转。于是,特别地,可以选择内燃发动机的转速,从而使得内燃发动机以其最佳消耗的方式进行运转,也就是说,从而使得内燃发动机在具有尽可能低的损失和/或尽可能低的消耗的运转范围内进行运转。

[0005] 然而,当以这种方式降低内燃发动机的转速和/或将内燃发动机调节至在消耗方面的最佳运转点时,起重机性能可能出现降低,例如,只能实现较低的定位速度或只能提升有限的载荷。在最坏的情况下,也可能出现内燃发动机停转,并且必须重新启动起重机,才能执行提升或定位任务。

[0006] 因此,已经提出了如下一种技术:不再通过发电机向电动致动器直接馈送电能,而是借助于电池或蓄电池,由发电机产生的电能被储存在该电池或蓄电池中,于是能够从该电池或蓄电池向电动致动器提供电能,参见专利文献US2012/0089287A1。借助蓄电池的缓冲作用,内燃发动机的载荷可以变得更加均匀,并且电动致动器的功率峰值也可以被拉平。然而,这种蓄电池的介入及其对电力的馈入和馈出的控制需要额外的电控部件。此外,电池本身不但笨重、昂贵,而且它们的使用寿命也有限。

## 发明内容

[0007] 因此,本发明的目的旨在提供一种改进的起重机和用于控制这种起重机的改进方法,这种改进的起重机可以克服现有技术的缺点,并且以有利的方式开发了这种改进方法。特别地,能够尽可能地减小配备有电动致动器的起重机的燃料需求,但又不会明显损害起重机性能。

[0008] 根据本发明,上述目的是通过根据权利要求1的起重机和根据权利要求13的方法来解决的。本发明的优选方面是各个从属权利要求的主题。

[0009] 因此,本发明期望在电动致动器的空载时或在电动致动器的部分载荷运转中能够降低内燃发动机的转速和/或转矩,而在电动致动器再次需要更高功率或甚至全功率之前,必须能够及时地再次提高内燃发动机的转速和/或转矩。为了避免在起重机运转中受到任何限制甚至使内燃发动机停转,内燃发动机的运转并不是落后于电动致动器的实际功率需求,而是领先于电动致动器的实际功率需求,以便满足电动致动器的未来功率需求。根据本发明,控制装置具有:判定装置,其参照被用来输入用于电动致动器的控制命令的输入装置的开动并且参照电动致动器的当前运转状态来判定和/或估计电动致动器的未来功率需求;以及发动机控制单元,其基于所估计和/或所判定的未来功率需求来控制内燃发动机。由于控制装置在电动致动器实际达到当某个功率需求发生时的运转点之前能够预期电动致动器的该功率需求,因此内燃发动机能够实时地被驱动到对于该功率需求而言最佳的或至少适宜的运转点。特别地,可以升高内燃发动机的转速和/或转矩,以便满足电动致动器的随后增加的功率需求。

[0010] 有利地,在内燃发动机的这种领先控制下,电动致动器可以直接且完全地由发电机供应电流或电能,因而无需中途存储所产生的电能。可以省略相应的诸如电池、可再充电电池等电能蓄电池,并且还可以省略相应的用于向这些中间储存器馈入能量和从这些中间储存器馈出能量的控制器模块。电动致动器只需要将自己的能量供应连接端直接连接到发电机,并且由发电机当前提供的能量可以专门且完全地供应给电动致动器。电动致动器由发电机在线供应能量,因而可以说,电动致动器由发电机直接地供应能量。通过省略电池、可再充电电池以及用于储存和输送能量的相关控制器部件,该系统可以具有简单且便宜的结构。

[0011] 根据本发明的改进方案,控制装置可以更快或更慢地和/或视需要地执行内燃发动机的调节,并且/或者也可以延迟控制指令向电动致动器的实施或者延迟电动致动器向期望的运转点的移动,以便始终及时地通过内燃发动机或由该内燃发动机驱动的发电机来提供电动致动器所需的功率需求。在此种情况下,随着电动致动器的功率需求的上升,内燃发动机的功率输出和/或发电机的相应供电可以比电动致动器的功率需求的上升更快地增加。可替代地或者此外,随着电动致动器功率需求的下降,由内燃发动机提供的功率可以比电动致动器实际下降的功率更慢地降低。换句话说,随着功率需求的上升,内燃发动机能够在转速和/或转矩方面处于领先状态,并且随着功率需求的下降,内燃发动机能够处于落后状态。

[0012] 有利地,控制装置可以包括用于控制内燃发动机的速度的速度控制模块,其中,所述速度控制模块可以被构造成:以最小可能且最小必要的速度变化来调节内燃发动机,所述最小可能且最小必要的速度变化使得能够刚好达到由预期的电动致动器的功率需求所

必需的或所期望的运转状态,而不会有任何过多浪费。

[0013] 特别地,控制装置可以包括用于控制内燃发动机的加速度的加速度控制模块,其中,所述加速度控制模块特别地可以被构造成使得:以最小可能且最小必要的加速度来调节内燃发动机,所述最小可能且最小必要的加速度使得能够刚好及时地达到由预期的功率需求所必需的或所期望的运转状态。由于内燃发动机有利地始终仅以最小的必要加速度进行运转以达到新的运转点,因此能够使内燃发动机的机构简洁,并且能够避免由于加速度太快而不必要地增加燃料消耗。

[0014] 有利地,所述加速度控制模块在此可以包括:确定装置,该确定装置参照电动致动器的当前运转状态和输入装置的开动或所输入的控制命令来确定电动致动器将会具有或将要达到未来功率需求的时间点。参照这一所确定的时间点或者相应的所确定的时间段(这是为了达到电动致动器的运转点而被估计出来的或者电动致动器所需要的时间点或时间段),加速度控制模块就可以确定内燃发动机的必要加速度,以便实时地达到当时发生的电动致动器的功率需求所必需或所期望的运转范围。

[0015] 特别地,控制装置和发动机控制单元可以被构造成使得:快速地计算未来功率需求,并且快速地调节内燃发动机,以致于在电动致动器即将或者马上就要达到其预期的最终运转点时,内燃发动机达到针对未来功率需求而计算出的运转点。由此,起重机能够在不会发生性能劣化的前提下进行运转,并且仍然实现了燃料节约。

[0016] 根据本发明的改进方案,所述发动机控制单元可以包括速度控制装置,该速度控制装置根据电动致动器的未来功率需求且根据电动致动器的当前运转状态来可变地控制内燃发动机的速度。可替代地或者此外,所述发动机控制单元还可以包括转矩控制装置,以便以替代速度控制的方式或者除速度控制之外,可以利用该转矩控制装置根据未来功率需求来控制内燃发动机的转矩。然而,所述发动机控制单元也可以仅仅配备有速度控制装置,并且仅仅产生速度控制信号,通过该速度控制信号,将内燃发动机提前驱动到所请求的运转点。

[0017] 未来功率需求(原则上,内燃发动机是参照该未来功率需求而被驱动的)的判定可以以各种方式来实现或者可以考虑各种运转参数。根据本发明的有利改进,特别地,可以考虑:输入装置的开动的强度和/或速度和/或方向;和/或由输入装置产生的控制命令的相关大小和/或变化率。例如,如果例如作为用于控制起重机定位运动的操纵手柄的输入装置被更快速地开动,那么内燃发动机可以被更快速地调节,这是因为快速开动牵涉到较强偏转的结论进而就有高定位速度的预期。可替代地或者此外,也可以考虑操纵手柄或其他输入装置的偏转角或开动行程以便达到如下效果:由于强的操纵手柄运动意味着功率需求的更强增加,所以较强或较大的偏转被转换成内燃发动机的转速和/或转矩的较快增加。

[0018] 可替代对输入装置的开动速度和/或开动加速度和/或开动行程的这种考虑的是,或者除了这种考虑之外,也可以考虑与输入的控制命令有关的电动致动器的数量,以便确定未来功率需求。例如,当同时或相继地发出了用于使升降机构提升的控制命令和用于使吊杆(boom)旋转或用于使龙门架行进的控制命令时,可以假定功率需求有较大增加,而在用于仅仅一个致动器的控制命令的情况下,可以假定有较小的未来功率需求。相应地,在输入了涉及数个致动器的控制命令的情况下,发动机控制单元可以提供对内燃发动机的运转点的更强和/或更快的调节,并且/或者在仅用于一个或少数致动器情况下,可以提供对内

燃发动机运转点的较小和/或较慢的调节。

[0019] 可替代地或者此外,对于功率需求的判定,也可以考虑哪一个致动器应该与输入的控制命令相关或者哪一个致动器应该根据需求而被调节。例如,在将升降机构(hoisting gear)致动时,可以假定功率需求比在将回转机构(slewing gear)或梁桥行进驱动装置(bridge traveling drive)致动时更强烈地增加。到目前为止,未来功率需求可以根据与控制命令有关的致动器的身份(identity)来确定。

[0020] 可替代地或者此外,为了确定未来功率需求,还可以考虑所请求的速度和/或所请求的定位运动的方向。当起重机操作员例如请求利用输入装置的相应开动来快速提升时,与起重机操作员仅请求缓慢提升的情况相比,可以估计出在快速提升时未来功率需求是更高的。

[0021] 根据本发明的改进方案,控制装置和/或发动机控制单元还考虑与电动致动器的最佳电压供应对应的发电机速度。特别地,内燃发动机的转速和/或转矩可以根据所确定的未来功率需求而适应于发电机的需求。例如,发动机控制单元可以考虑到:由发电机提供的电压可以取决于发电机的速度。因此,对于伴随着一定电压电平或电压需求的预定功率需求来说,内燃发动机可以进入以下转速:该转速对于内燃发动机的功率而言不是必需的,但是该转速考虑了发电机的状态并且为此留有余地。例如,即使内燃发动机本身甚至在较低的转速下也能够提供所需的功率,但是仍能够使内燃发动机进入较高的转速,以使得通过上述较高的转速来把发电机的状态考虑在内,并且使得发电机在能够提供所需电压的频率范围内进行运转。

[0022] 起重机的电动致动器有利地可以由控制装置通过变频器来控制。

[0023] 根据本发明的改进方案,控制装置也能够在对电动致动器的控制中考虑内燃发动机的功率水平,特别地使得起重机运动在速度和/或加速度和/或同时执行的方面受到限制,从而限制起重机运动所需的电力需求,由此使得不会达到或者不会超出内燃发动机的性能。于是,可以防止内燃发动机的过载和由此引起的内燃发动机的停转。通过限制电动致动器的功率消耗而实现的对内燃发动机的性能保护尤其在如下情况下是有利的:例如因喷嘴有缺陷、燃料过滤器堵塞等原因,导致内燃发动机不能满足其额定功率。

[0024] 电动致动器的功率限制可以以不同的方式来实现,该方式例如是:限制各个电动致动器的最大提升速度或最大行进速度。可替代地或者此外,速度和/或加速度斜坡可以被平坦化或被限制,以便控制各个电动致动器。可能地,如下策略已经足够了:相继地执行被同时请求的两个以上致动器的定位运动,因而这些致动器的功率需求不会相加,而是相继地获得。也可以有其他控制策略来实现内燃发动机的功率限制。

## 附图说明

[0025] 随后,将会参照优选的示例性实施例和相关附图来详细地说明本发明。在附图中:

[0026] 图1示出了作为带有橡胶轮胎的集装箱堆垛起重机的起重机的示意图,其中,局部视图(a)和局部视图(b)示出了起重机的正视图和侧视图;

[0027] 图2示出了起重机的控制装置的示意图,该控制装置提前估计或判定图1的起重机的电动致动器的未来功率需求,并且该控制装置根据上述未来功率需求来控制图1的起重机的内燃发动机,该内燃发动机用于驱动该起重机的发电机以向电动驱动器提供能量。

## 具体实施方式

[0028] 如图1所示,起重机1可以被构造成集装箱堆垛起重机,该集装箱堆垛起重机包括龙门架(gantry)2,例如可以借助于设置有橡胶轮胎的行进机构4来使该龙门架2在集装箱装载站上行进。在龙门架2上可以设置有能够横向运动的梁桥3,在该梁桥3上安装有能够抓住集装箱21的升降吊具5,以便提升和降低集装箱。

[0029] 为了调节起重机元件,设置有电动致动器,具体地设置有:升降驱动器6,其用于提升和降低升降吊具5,这例如可以通过升降电缆和相应的电缆绞车来实现;梁桥驱动器7,其用于使梁桥3沿龙门架2行进;以及行进驱动器8,其用于驱动行进机构4。

[0030] 电动致动器6、7和8可以由发电机9供应电能,发电机9可以由例如作为柴油发动机的内燃发动机10驱动。

[0031] 为了控制起重机的定位运动,为起重机操作员提供了输入装置14,该输入装置14可以布置在起重机操作员站22中并且例如可以包括操纵手柄(joystick)15、输入键盘、控制杆或滑动开关等。利用输入装置14,可以生成或可以输入控制命令,这些控制命令用来控制以升降驱动器6、梁桥驱动器7和行进驱动器8这样的形式呈现的电动致动器。

[0032] 根据上述控制命令,电控装置11就可以控制上述的电动致动器,这能够通过以已知方式转换由发电机9产生的频率的变频器来有利地实现。

[0033] 此外,控制装置11使内燃发动机10的转速和/或转矩适应于相应的起重机运转状态,以便一方面使起重机以不会出现任何性能劣化的方式进行运转,另一方面实现尽可能最低的燃料消耗。

[0034] 因此,如图2所示,控制装置11可以包括判定装置12,利用该判定装置12,参照电动致动器6、7和8的当前运转状态以及输入装置14的开动来计算且判定或估计电动致动器的未来功率需求,进而得到内燃发动机10和发电机9所要求的功率。为此目的,各种传感器信号和/或信息项被供应给判定装置12,这些传感器信号和/或信息项可以指示输入装置的开动、起重机运转状态和起重机的结构特征。特别地,如图2所示,可以向判定装置12供应以下信息:操纵手柄15的开动的信息;致动速度的信息;电动致动器和/或内燃发动机和/或发电机的实际性能的信息;诸如内燃发动机转速、内燃发动机转矩、电动致动器或其他起重机元件的行进或调节速度等其他运转参数的信息;起重机元件上的实际载荷的信息;和/或其他信息。

[0035] 由此,如上所述,控制装置11的判定装置12计算出当电动致动器6、7和8达到由所输入的控制命令请求的运转点时出现时的未来功率需求。

[0036] 于是,基于所确定的未来功率需求,控制装置11的发动机控制单元13计算出运转点或由此所需的运转范围,特别地,计算出内燃发动机10的转速和/或转矩。

[0037] 如图2所示,发动机控制单元13还考虑发电机9的状态和必要条件,特别地,考虑发电机实际需要多少速度才能提供未来功率需求所必需的电压和电量。这里,可以考虑诸如通过速度而得到的电压输出等发电机特性。此外,可以考虑诸如所需的固定参照电压等框架条件(framework condition)。

[0038] 然后,作为该计算处理的结果,发动机控制单元13确定内燃发动机10的实际运转点,其中,这里发动机控制单元13也可以计算让内燃发动机10进入新运转点的加速度。因此,发动机控制单元13和/或控制装置11可以包括加速度控制模块16,该加速度控制模块16



通过时间确定装置17来计算如下的时间点或时间段：在该时间点或时间段处或者在该时间点或时间段中，电动致动器6、7和8达到当未来功率需求实际发生时的预期运转点。然后，加速度确定装置18由此计算内燃发动机10的必要加速度。

[0039] 如图2所示，发动机控制单元13和/或控制装置11可以仅利用用于发动机的致动速度命令。不必要额外地还生成用于转矩的致动信号，虽然这在原则上是可以的。

[0040] 然后，发动机控制单元13的速度控制器19和/或转矩控制器20使内燃发动机10进入期望的运转点。

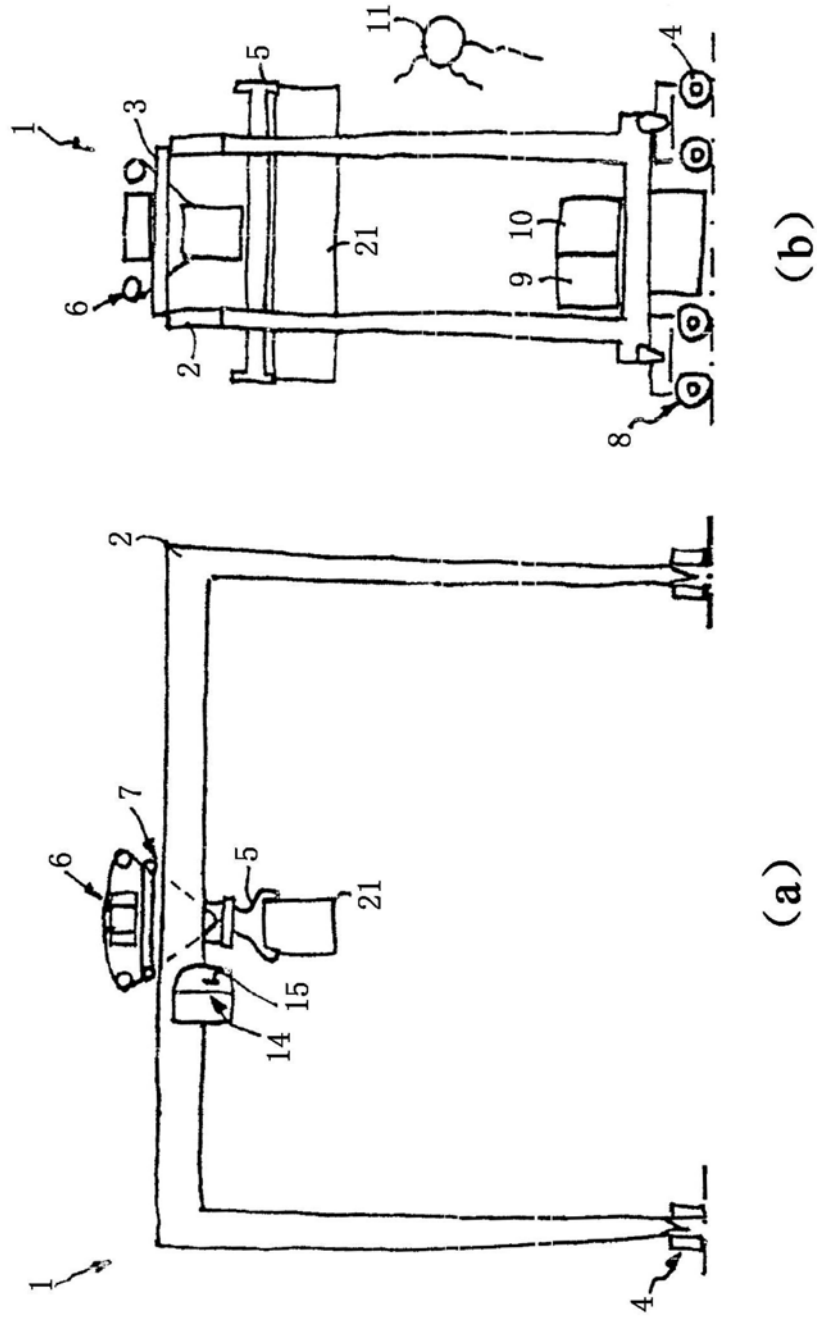


图1

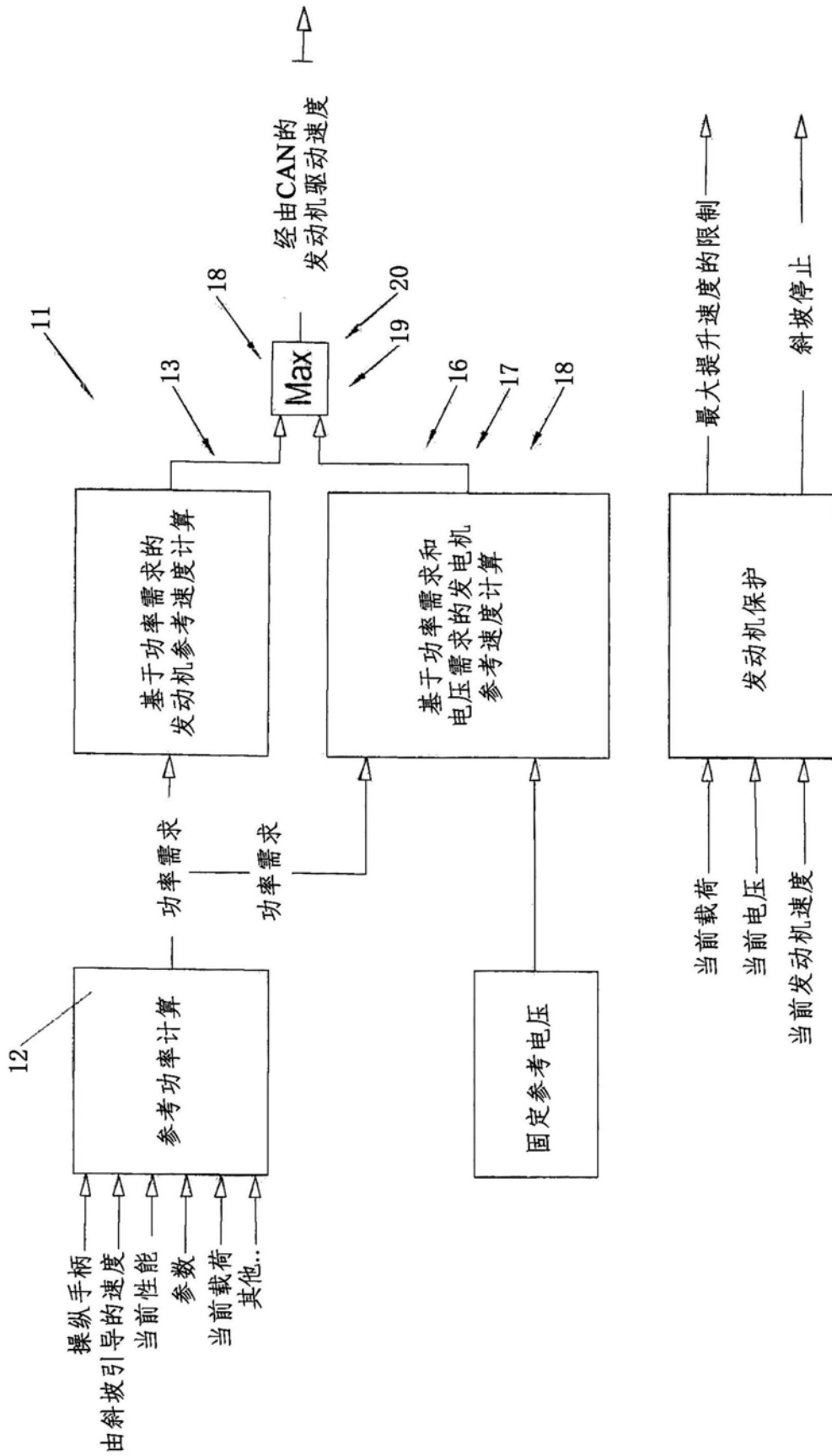


图2