

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl<sup>7</sup>

B60K 41/02

F16D 48/06

## [12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 95102739.5

[45]授权公告日 2000 年 3 月 29 日

[11]授权公告号 CN 1050809C

[22]申请日 1995.2.22 [24]颁证日 1999.12.24

[21]申请号 95102739.5

[30]优先权

[32]1994.2.22 [33]US [31]199,704

[73]专利权人 易通公司

地址 美国俄亥俄州

[72]发明人 J·M·施力克

[56]参考文献

CN1072890A 1993. 6. 9 B60K41/02

CN1082998A 1994. 3. 2 B60K41/00

EP492199A2 1992. 7. 1 F16H59/42

US5275267 1994. 1.14 B60K41/28

审查员 00 00

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

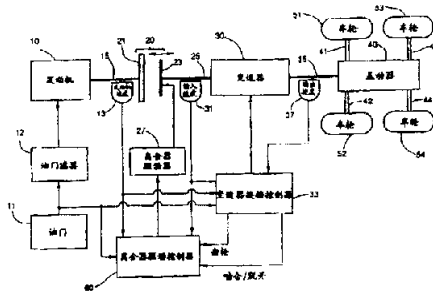
代理人 马铁良 王 岳

权利要求书 4 页 说明书 15 页 附图页数 3 页

[54]发明名称 具有比例积分微分的增强自动离合器控制方法及设备

[57]摘要

一种车辆的自动离合器控制器。自动离合器接受从发动机转速传感器(13)与变速器输入转速传感器(31)传出的输入量,并发出离合器驱动信号以在 脱开至完全啮合的范围内控制离合器驱动器(27)。离合器啮合信号采用与 振荡响应近似倒相的模式,使变速器输入转速渐趋于发动机转速的方式来使摩 擦离合器(20)至少部分地啮合。控制器最好包括 PID 函数与微分发动机 速度函数,用于按车辆载荷来调节离合器的啮合。



ISSN 1008-4274

## 权 利 要 求 书

---

1.在包括由油门(11)控制的动力源(10)、摩擦离合器(20)和至少一个与摩擦离合器(20)的输出轴(25)连接的惯性负载驱动轮(51、52、53、54),其中摩擦离合器具有连接至动力源(10)和输出轴(25)的输入轴(15),并具有对转矩输入呈现出振荡响应的扭转柔量的系统中,自动离合器控制器包括:

与动力源(10)相连的发动机速度传感器(13),用以产生与动力源(10)的转速相应的发动机速度信号;

与摩擦离合器(20)的输出轴(25)相连的变速器输入速度传感器(31),用以产生与摩擦离合器(20)的输出轴(25)的转速相应的变速器输入速度信号;

与摩擦离合器(20)相连的离合器驱动器(27),用以控制摩擦离合器(20),使其根据离合器啮合信号,从脱开至完全啮合;以及

与所述发动机速度传感器(13)、所述变速器输入速度传感器(31)和所述离合器驱动器(27)相连的控制器(60),其中的所述离合器驱动器(27)又包括:

与发动机速度传感器(13)和输入速度传感器(31)相匹配的PID(比例-积分-微分)调节器(65),用以产生经调节的输出信号;

与所述PID调节器(65)相连的预滤波器(68),用以产生滤波的PID信号;

第一代数加法器(69),它与所述变速器输入速度传感器(31)和所述预滤波器(68)相连,并产生对应于滤波的PID信号与变速器输入速度信号间之差的第一代数和信号;以及

补偿器(70),它与第一代数加法器(69)相连,用以降低闭环灵敏度,并产生供给所述离合器驱动器(27)的离合器啮合信号,以便

使所述摩擦离合器(20)的啮合以能使变速器输入速度渐近地趋于发动机速度的方式进行。

2.如权利要求 1 的自动离合器控制器, 其中控制器(60)与所述发动机速度传感器(13)、所述变速器输入速度传感器(31)和所述离合器驱动器(27)相连, 它包括:

用于确定发动机速度信号与输入速度信号间之差的装置; 以及

所述 PID 调节器(65), 它根据上述差运作, 用以产生经调整的输出量。

3.如权利要求 1 的自动离合器控制器, 其中控制器(60)与所述发动机速度传感器(13)、所述变速器输入速度传感器(31)和所述离合器驱动器(27)相连, 它包括:

用于确定发动机速度信号与输入速度信号间之差的装置; 以及

所述 PID 调节器(65), 它包括以上述差作为输入量, 以产生经调整的输出量分量的积分电路(86)。

4.如权利要求 1 的自动离合器控制器, 其中进一步包括:

用于确定发动机速度信号与输入速度信号间之差的第二代数加法器(64);

所述 PID 调节器(65), 它包括与所述第二代数加法器(64)匹配的积分电路(86), 后者对基准速度信号与输入信号的差作出响应, 以产生经调整的输出量的积分项;

对发动机速度信号产生响应的差分补偿器(73), 用以产生导引信号;

对导引信号作出响应的第二积分电路(74),用以产生第二积分信号;以及

用于累计补偿器(70)的输出信号、导引信号与第二积分电路信号,以产生离合器啮合信号的装置。

5.在包括由油门(11)控制的动力源(10)、具有输入轴(25)的变速器(30)、由变速器(30)驱动的主动轮(51、52、53、54)和连接于发动机(10)与具有对扭矩输入显示出振荡响应的扭转柔量的变速器输入轴(25)之间的摩擦离合器(20)、以及带有感应油门位置、发动机转速及输入轴转速的传感器的自动离合器控制机构、与摩擦离合器(20)相连并控制其按离合器啮合信号从脱开至完全啮合位置的离合器驱动器(27)的系统中,产生离合器信号的方法包括如下步骤:

确定发动机转速与输入轴转速;

从发动机转速与输入轴转速产生比例-积分-微分(PID)值;

滤波PID值;

将输入轴转速从滤波的PID值中减去,以产生误差值;以及

借助于在对主动轮的扭矩输入的响应中维持降低的灵敏度对误差值进行补偿,以产生经补偿的输出值,以便生成离合器啮合信号,以使变速器输入转速信号渐趋于发动机转速信号的方式来使摩擦离合器(20)啮合。

6.如权利要求5的产生离合器啮合信号的方法,进一步包括以下步骤:

把输入轴转速信号从发动机转速中减去而形成误差值;以及产生PID值的步骤,包括从误差值中产生PID值。

7. 如权利要求5的产生离合器啮合信号的方法, 进一步包括以下步骤:

把输入轴转速信号从发动机转速中减去而形成误差值; 以及产生PID值的步骤, 包括从误差值中产生积分项与比例项。

8. 如权利要求5的产生离合器啮合信号的方法, 进一步包括以下步骤:

把输入轴转速信号从发动机转速中减去而形成误差值; 以及产生PID值的步骤包括:

从误差值中产生积分项与比例项;

从输入轴转速与发动机转速中至少一项中产生微分项; 以及累计积分、比例与微分项。

9. 如权利要求5的产生离合器啮合信号的方法, 进一步包括以下步骤:

对发动机转速进行微分, 以产生一个前馈信号;

对前馈信号进行积分; 以及

综合前馈信号、经积分的前馈信号与补偿的输出值, 以产生离合器啮合信号。

## 具有比例积分微分的增强自动离合器 控制方法及设备

本发明的技术领域是自动离合器控制，更特别的是闭环自动离合器控制和减弱汽车起动时的振荡响应的方法。

近年来，对增进在控制汽车驱动系，更特别的是在控制大型货车的驱动系的自动化程序方面的兴趣在增长。在客车与小货车上使用自动变速器是大家知道的。这类车辆上的典型的自动变速器上采用流体变矩器与液力驱动排档，以在发动机轴与驱动轮之间选定最终的传动比。该排档的选择基于发动机速度、汽车速度等。已知这种自动变速器降低了从发动机到驱动轴间的动力传递效率，与熟练操作的手动变速器相比，增加了油耗和动力损失。这种液力自动变速器，在大型卡车中未得到广泛的应用，因为车辆的操纵效率降低了。

在使用液力自动变速器时，效率降低的原因之一是在流体变矩器中造成了损失。典型的流体变矩器具有滑差并在所有的模式中都会随之出现扭矩与动力的损失。已经知道，现有技术中的闭锁变矩器可以在某一发动机转速以上时，直接将变速器的输入轴与输出轴联接起来。这种技术在啮合状态下提供了足够的扭矩传递效率，但在速度较低时，在效率上却不能提供增益。

已建议了用一种自动驱动摩擦离合器来代替液力变矩器，以消

除后者中固有的低效率。这种替代引入了使用液力变矩器不曾出现的另一问题。汽车的机械驱动系在车辆变速器与主动轮之间的驱动系上,典型地具有可观的扭转柔量。扭转柔量可以在变速器与差动器之间的驱动轴上,或者在差动器和从动轮之间的半轴上发现。在独立的设计方案中,经常促使或需求该驱动系显示可观的柔性。在汽车驱动系中存在的相当大的扭转柔量,造成了对离合器啮合的振荡响应。这些振荡响应可以对驱动系组件与汽车的其它零件造成可观的附加磨损。此外,这些振荡响应会造成有害的客仓振荡。

驱动系对于离合器的振荡响应,在很大程度上依赖于变速器输入速度(即离合器速度)趋近于发动机速度的方式。例如采用衰减的指数函数方式的这些速度的平滑趋近,使离合器闭锁时不受瞬态扭矩的作用。如果这些速度是突然趋近的,则瞬态扭矩会传递到驱动系上,并在其中引起振荡响应。在1991年10月7日申请的美国专利申请S.N. 772,204标题为"自动离合器的闭环起动与滑移控制",其中提出通过控制离合器驱动把离合器啮合期间由于驱动系中的柔量造成的扭转振荡,减至最小或者消除掉,以达到平滑地啮合。列于此处的后续专利申请进行了改良,使控制能力更为加强。我的标题为:"具有可靠算法的自动离合器的闭环起动与滑移的控制"的先前专利申请,即现在的US5,275,267专利中谈到了同样的问题,并包括了一个对系统瞬态响应加以整形的预过滤器,而且减小了对个别车辆或车辆样机细部设计的特殊化需要。1993年12月14日申请的题为"增强自动离合器控制的方法与设备"的美国专利申请S. N 08/ 165,957,也是基于同样的系统,并借助于克服了在某些情况下由于被强加的离合器接合而造成发动机过载的可能性,从而使可靠

性进一步增强,因而避免了发动机的熄火。上述某种情况是指发动机速度下降以及甚至离合器倾斜的情况。在上述的说明书中所公开的系统,包括一个滑差积分电路,或实际上是两个串联的积分电路,具有对于内环变化来说太敏感的电势,故在某些情况下造成控制的困难。

故提供一种减小对内环变化的敏感性,并能够更好地进行控制的摩擦离合器的自动离合器驱动方式,将是一很大的进步。本发明部分地基于以前的工作,并补充了附加的增强性能。该增强性能允许批量制造适用于载重卡车广阔领域内的变速器,而不需为具体车型或载重范围而作个别调整。

本发明的自动离合器控制器,包括动力源、摩擦离合器和至少一个与摩擦离合器连接的惯性负荷驱动轮的联合,它具有对于输入扭矩显示出振荡响应的扭矩柔量。自动离合器控制器最好与变速器换档控制器连用。这种自动离合器控制器在汽车起动与随后的变速器换档过程中,具有使离合器平滑地啮合的功能,故可将离合器接合的振荡响应减至最小。该自动离合器控制器用于大型卡车。

该自动离合器控制器接受来自发动机速度传感器与变速器输入速度传感器的输入信号。变速器输入速度传感器检测在变速器输入位置处,即摩擦离合器输出位置处的转速。自动离合器控制器产生离合器啮合信号,来控制在全脱开与全啮合这两个位置之间的离合器驱动器。离合器啮合信号,使摩擦离合器以使变速器输入速度渐近地趋向基准速度的方式啮合。这就最大限度减小了对从惯性负荷的驱动轮处扭矩输入信号的振荡响应。

在起动时,对应于汽车的正常发动、或在变速器换档之后的情况下,离合器啮合信号使变速器输入速度渐近地趋于发动机速度。

自动离合器控制器包括用于在起始的部分的、啮合后的预定时间间隔内,使离合器完全啮合的PID调节器。变速器输入速度基准信号与变速器输入信号之间的差别,在任何长的时间期间内终将使得离合器完全啮合。调节器对发动机速度与变速器输入速度间的差别,基于比例与积分控制,同时微分项也取自该差别或仅取自输入速度。PID调节器对内环变化相对地不灵敏,但具有增强的控制特性,后者使给定的变速器可用于各种类型的大型卡车,并且仍维持良好的控制特性。

离合器控制器的结构减小了对个别车辆或车辆样机细部设计的特殊化需要。PID调节器通过用于对系统瞬态响应进行整形的预滤波器来影响PID调节器的输出。代数加法器因将变速器输入速度信号从预滤波信号中减去而形成了控制误差。作为频率函数的该误差信号被供给具有足够增益的频率补偿器,以便降低系统闭环对汽车参数变化的灵敏度,从而增强控制能力。补偿器产生离合器啮合信号,以最大限度地减小对离合器啮合的振荡响应来控制离合器啮合。

自动离合器控制器最好借助于数字式微控制器,以离散差分方程形式运行。微控制器运行一补偿器,该补偿器借助于在低频处增加增益来削减系统误差,并具有接近惯性负荷驱动轮的传递函数的倒相传递函数。该补偿器传递函数包括覆盖预期的驱动系振荡响应范围的凹波滤波器。该凹波滤波器的频带必须足够宽,以覆盖频率范围,这是因为振荡响应的频率可以随车辆载荷和驱动系特性的

变化而改变。该补偿器最好在上述频率范围内也提供高的响应,且在上述频率范围内,驱动系响应最小,以便增加环的增益和降低,对汽车特性方面变化的灵敏度。

离合器驱动控制器最好贮存成组的系数,以便离散差分方程对应于变速器的每个齿轮传动比。离合器驱动控制器提供对应于选定的齿轮传动比的一组系数。提供的这一组系数在其它对于离合器控制而言,在其他相同的离散差分方程中也被使用。

本发明的这些及其它目的和各方面,将参照附图在下面加以叙述:

图1是包括本发明的离合器驱动控制器的车辆驱动系的概略图;

图2示出离合器啮合与离合器扭矩间的典型关系;

图3是发动机速度与变速器输入速度在汽车起动期间的理想响应关系;

图4以框图示出根据本发明的自动离合器控制器的功能

图5是在图4的控制器中使用的PID调节器的概略图解。

图1为包括本发明的自动离合器控制器的汽车驱动系概略示意图。汽车以发动机10作为动力源。对于本发明最适用的大型货车,其发动机应为狄塞尔内燃机。呈典型的脚踏板形式的油门11 经过油门滤器12控制发动机的动作。油门滤器12过滤提供给发动机 10 的油门信号,其方法是通过油门11提供斜坡油门信号直到根据接受的步进油门增量而达到油门开度。发动机10产生的转矩,作用于发动机轴15上。发动机转速传感器13检测发动机轴15的转速。发动机转速传感器13检测转速的工作位置,可以设在发动机飞轮上。发动机转速传感器13最好是一个多齿齿轮,其齿的转动由一个磁性传

感器来检测。

摩擦离合器20包括可以完全或部分啮合的固定盘21 和移动盘23。固定盘21可以与发动机飞轮构成一体。摩擦离合器20 按固定盘21与移动盘23间的接合程度,把发动机15的转矩传递给输入轴25。注意在图1中仅绘出单对固定盘与移动盘。本专业的普通技术人员会知道离合器20也可以有多对这样的盘。

典型的转矩对离合器位置的函数示于图2。离合器转矩/ 位置曲线80,在最初接触点81之前的啮合范围内其值为零。离合器转矩随着离合器接触程序的增加而单调地增长。在图2中所示的实例中,离合器转矩最初增长缓慢,然后就较迅速地增加,直至完全啮合在点82处的离合器转矩最大值。典型的离合器设计方案,要求在完全啮合点处的最大离合器转矩约为最大发动机转矩的1.5倍。这样就保证了离合器20可以在传递发动机10 产生的最大转矩时不至于打滑。

离合器驱动器27与移动盘23相联,以控制离合器20从脱开经过部分啮合直至完全啮合。离合器驱动器27可以是电动、液力或气动驱动器,并可以作位置或压力控制。离合器驱动器27,按照从离合器驱动控制器60传出的离合器啮合信号,控制离合器的接合程度。

变速器输入转速传感器31检测输入变速器30的输入轴25 的转速。变速器30在变速器换档控制器33的控制下,向驱动轴35提供可选择的传动比。驱动轴35与差动器40相联。变速器输出速度传感器37检测驱动轴35的转速。变速器输入速度传感器31 与变速器输出速度传感器37,最好以与发动机转速传感器13相同的方式构成,并检测速度和方向。在本发明的最佳实例中的汽车是大型货车,其

差速器40驱动分别与轮51至54对应联接的四根半轴41至44。

变速器换档控制器33从油门11、发动机转速传感器13、变速器输入速度传感器31与变速器输出速度传感器37接收输入信号,并产生用于控制变速器30的齿轮选择信号与耦联离合器驱动控制器60的离合器啮合/脱开信号,而且最好能按油门开度、发动机转速、变速器输入和输出转速来变化变速器30所提供的末级齿轮传动比,并按摩擦离合器应啮合还是脱开,来向离合器驱动控制器60分别提供啮合脱开信号,也向离合器驱动控制器60传送齿轮信号。该齿轮信号许可提供对应于所选齿轮的一组系数。注意变速器换档控制器33不是本发明的组成部分,在下文中不再提及。

离合器驱动控制器60,向离合器驱动器27提供用于控制移动盘23位置的离合器啮合信号。这样的控制由离合器20按图2中的离合器转矩/位置曲线80,来传送转矩量。离合器驱动控制器60在变速器换档控制器33的控制下运行,并根据接收来自变速器换档控制器33的啮合信号,来控制移动板23从脱开位置到至少部分啮合或完全啮合的位移。在最佳实例中,可以设想离合器啮合信号将指示所要求的离合器位置。离合器驱动器27,最好具有一个使移动板23到达所要求的位置的闭环控制系统。离合器啮合信号也可能表示离合器驱动器27所需要的离合器压力,以对该所需压力提供闭环控制。对于特定的车辆来说,也可以设想离合器驱动器27以开环形式来进行操作。离合器驱动器27的确切细节对本发明来说并不至关重要,故在后文中不再论及。

离合器驱动控制器60,最好是根据收到的变速器换档控制器33发出的脱开信号,产生一个预定的开环离合器脱开信号,以使离合

器迅速脱开。对于离合器20的这种预定开环脱开,不会预料有不利  
的振荡响应出现。

图3 所示在起动情况下的发动机速度90 与变速器输入轴速度  
100,即从停止的状态下起动以达到一个合理的速度。最初,发动机  
速度90处于怠速状态。此后,发动机速度90在图3 中的时间范围内  
单调地增加。发动机速度90或是增长,或是维持不变。理想的情况  
下,该发动机速度90会增加直至发动机10的转矩与汽车加速所需转  
矩相符为止。在高载荷时,发动机速度可处于怠速与最大发动机速  
度之间的中间范围内。 该不变的发动机速度对应于适合离合器转  
矩和驱动系转矩,以及达到发动机输出转矩与汽车负载转矩间的平  
衡所需的发动机转矩。该转矩水平是理想的离合器转矩,因为更高  
的离合器转矩会妨碍发动机10,而更低的离合器转矩会使发动机转  
速增加过快。在极限的情况下,车辆被加速到某一使离合完全啮合  
的速度。此后,发动机转矩与负载转矩间的平衡就由司机通过油门  
来控制,而离合器驱动控制器60继续控制使离合器完全啮合。

当车辆停驶而离合器20完全脱开后,变速器输入速度100 成为  
初始的零值。这就是起动车辆的情况。 但如同下面将要解释的那  
样,这同样的技术也可以在移动换档齿轮时,使离合器平稳啮合。  
因此变速器输入速度的初值可以与车辆的速度相对应。 当离合器  
20部分啮合时,变速器输入速度100 增加并逐渐接近于发动机速度  
90。在点101处,变速器输入速度100充分地接近发动机速度90,不  
须使车辆的驱动系的扭转柔量起作用就可达到离合器20 的完全啮  
合。在该点处离合器20完全地啮合了。此后,变速器输入速度 100  
追随发动机速度90,直到离合器20在变速器控制器33选择下一个更

高的末级齿轮传动比时脱开为止。该系统最好在车辆不停,且最初的变速器输入速度不为零时也可以运行。

图4概略地示出离合器驱动控制器60的控制功能。与在图1中也示出的那样,离合器驱动控制器60从油门11接收油门信号,从发动机速度传感器13接收发动机速度信号,以及从变速器输入速度传感器31接收变速器输入速度信号。在图4中所示的离合器驱动控制器60产生向离合器驱动器27提供离合器啮合信号,以使摩擦离合器动作。虽然在图4中未示出,但离合器驱动的程度是与油门的开度一致的,而发动机速度与车辆特性决定了变速器输入速度,后者被变速器输入速度传感器31检测并提供给离合器驱动控制器60。所以,在图4中概略示出的系统是一封环系统。

在图4中所示的控制功能,仅在离合器处于接触点81与完全啮合状态之间时需要。在对应于接触点81之前的离合器啮合状态,不能传送扭矩,因为此时离合器20是完全脱开的。离合器驱动控制器60最好具有一些检测对应于接触点81的离合器位置的方式。这种确定方式的技术是已知的。仅作为一个例子,离合器在接触点81的位置可以通过把变速器放置在空档,并将离合器推向啮合状态,直至变速器输入速度感应器31首次测出转动来确定。在收到来自变速器换挡控制器33的啮合信号时,离合器驱动控制器60最好迅速地把离合器20推向相应于接触点81的位置。在接触点81处,离合器啮合控制器设置零。此后离合器的啮合由如图4所示的控制功能加以控制。

最好通过微控制器电路来了解离合器驱动控制器60。对应于发动机速度的输入量、变速器输入速度与油门设定必须为数字式。

这些输入信号最好调制成与微控制器的运行速率相一致的速率,并足够迅速地提供所需的控制。如已预先描述的:发动机速度、变速器输入速度与变速器输出速度,最好用多齿齿轮来检测,而多齿齿轮的齿速则通过磁性传感器来检测。由磁性传感器测出的脉冲系列,在预定的间隔期间内计数。对应的数值与所测量的速度直接成比例。为了正确地控制变速器输入速度信号的正负号,如果倒车的话,则信号必须是负值。需要一些检测输入轴25的转向的方式。这种方向传感方法已普通应用,故不再作进一步地叙述。油门设定最好通过例如是电位计的模拟传感器来检测。使用微控制器通过模拟/数字转换器来实现模拟油门信号数字化。微控制器是以该技术中已知方式,通过离散差分方程来执行图4中所述的程序。故图4中所绘的控制程序,应当被认为是一条指示如何按程序运行体现本发明的微控制器,而不是分立的硬件的说明。如果具有足够的容量并适当地编制程序,同样的微控制器是可能同时用作离合器驱动控制器60与变速器换档控制器33。可以认为Intel 80C196 微控制器在以该方式运行时具有足够的容量。

发动机速度是用于控制的参数信号,即发动机速度就是所需要的变速器输入速度。离合器驱动控制器60,包括一个在图5中显示得最好的PID(比例-积分-微分)调节器65。从变速器输入速度传感器31得到的变速器输入速度,在代数加法器64中,从发动机速度中减去得以产生一个误差信号。PID调节器65具有一放大器84,并与加法器64相联,对输出量加以放大,还具有对输入代数加法器67的放大误差信号加以累计的积分电路86。放大器88也放大误差信号,以便向加法器67提供一个比例项。放大器94与根据变速器输入速

度信号运行的微分电路,向放大器67提供微分项。比例、积分与微分信号均加到加法器中。这种调节器在控制方法论中已为人们熟知,并可采取多种形式。例如微分项和比例及积分项,同样可以取自误差信号。

代数加法器67向滤波器68提供输入量。从预滤波器68输出的信号,供给了代数加法器69。代数加法器69也接收来自变速器输入速度传感器31测定的变速器输入速度信号。代数加法器69制定来自预滤波器68的预滤波信号与变速器输入速度间的差值。该差值被供给补偿器70。补偿器70包括一个汽车对扭矩输入值响应的扭转振荡的近似倒相模式。补偿器70包括已选择的增益与频率的函数,用以降低在闭环中离合器驱动控制器60的振荡响应,该振荡响应是由于在汽车驱动系的传递函数中的振荡所致,特别是由于在低频时为增加系统的强度而提高增益所致。补偿器70的传递函数的确定将在下面作进一步地描述。补偿器使内环是可预测的,但还有点不确定性,故系统可以借助PID调节器加以控制,使输入速度渐近地趋于发动机速度。预滤波器与补偿器结合,形成由PID调节器控制的具良好阻尼的次级传递函数。预滤波器68的特性及其确定方式将在下面描述。预滤波器与补偿器在描述中被分别对待,但因为它们是串联的元件,它们可以被结合在同一单元中,即两个功能可以当作单独的传递函数或等价的离散差分方程或方程组加以表达。

在离合器啮合信号中,通过发动机速度微分信号提供了一个前馈信号。微分电路补偿器或加速度补偿器73形成微分信号以响应发动机速度的变化率,但须加以滤波,以防止由于小发动机的降速而引起的突然下降。该发动机速度微分信号及其借助积分器74形

成的累积值,被提供给代数加法器71。代数加法器71把补偿器70的输出信号、来自加速度补偿器73的发动机速度微分信号以及来自积分器74的积分信号加起来,形成离合器啮合信号。离合器驱动器27使用该离合器啮合信号来控制离合器的啮合程度。

在发动机加速时,前馈信号可以较好地响应离合器驱动控制器60。在发动机加速的情况下,前馈信号使离合器20与发动机加速速率成比例地快速啮合。发动机速度可以在油门全开的条件下,在驱动系转矩建立以前快速地增加。这是因为没有前馈响应的离合器驱动控制器60的响应速度与响应的发动机速度的峰值相比是低的。该前馈响应快速的发动机加速,导致比另外情况的离合器接合速度要快。附加离合器的啮合,由于所需要的来自发动机的附加扭矩而趋向于限制发动机速度的增加。当发动机的速度达到恒定值的时候,微分项下降至零,而积分器74把离合器维持在需要的啮合程度,以限制发动机的速度。

预滤波器68与补偿器70,在离合器驱动控制器60中执行求差与补偿功能。预滤波器68与补偿器70的传递函数确定如下:补偿器70的传递函数被选择成降低闭环传递函数对驱动系参数变化的灵敏度。即借助于提供足够的作为频率的函数的环增益来加以实现。如果闭环传递函数 $H(\omega)$ 相对于驱动系传递函数 $G(\omega)$ 的灵敏度为

$$S_{G(\omega)}^{H(\omega)} = \frac{1}{(1 + C(\omega) G(\omega))} \quad (2)$$

其中 $C(\omega)$ 是补偿器70的传递函数。对该关系式的观察,其结果是借

助于增加补偿器的增益,可以随意地将灵敏度  $\frac{H(\omega)}{S}$  降低至零。因

为稳定和噪声的关系,对于最大的补偿器增益存在有实际的限度,因此,补偿器70的传递函数 $C(\omega)$ ,在所有的频率 $\omega$ 都选得足够高以便把闭环传递函数中的变化限制到设计指标所设定的可接受的水平上。借助于加强低频增益可以附加增强的牢固性。

补偿器70包括近似倒相模式的扭转振荡响应。在可应用本发明的典型重型卡车中,驱动系的扭转柔量使得驱动系传递函数具有一对轻微阻尼的极点,其范围为2至5赫芝。其确切值依赖于汽车的参量值。补偿器70的倒相响应,在这些极点区域内提供了一个凹波滤波器。该凹波的频带宽度足以覆盖所期望的汽车频率响应范围。典型的重型卡车也包括一对位于频率范围1至2赫芝的合成零点。这些合成零点趋于降低系统环的增益,而使系统在这一频率范围内对于汽车特性方面的变化更为敏感。补偿器70在这一频率范围内最好具有一对单纯零点,以增强环的增益并减少对在汽车特性方面变化的敏感性。这样在闭环系统中的总响应,就具有提供给振荡较小的系统的高阻尼固有值。

预滤波器68用来可靠地到达所期望的闭环瞬间响应。没有预滤波器68的环系统的传递函数 $H(\omega)$ 是:

$$H(\omega) = \frac{C(\omega) G(\omega)}{(1 + C(\omega) G(\omega))} \quad (3)$$

其中 $C(\omega)$ 是补偿器70的传递函数,而 $G(\omega)$ 是驱动系的传递函数。上面对补偿器70的设计,仅改滤到降低对驱动系响应 $G(\omega)$ 的变化

的灵敏度。这种在闭环响应 $H(\omega)$ 中的典型结果,具有不恰当的时间响应。预滤波器与补偿器的设计目标,是要产生可预测的响应特性,使PID控制器通过驱动离合器20,使变速器输入速度以渐进的方式达到发动机速度。带有预滤波器68的传递函数 $H(\omega)$ 为:

$$H(\omega) = \frac{F(\omega) C(\omega) G(\omega)}{(1 + C(\omega) G(\omega))} \quad (4)$$

其中 $F(\omega)$ 是预滤波器68的传递函数。预滤波器68是具有与PID控制器的设计速率相关的传递频带的低传递滤波器。

上述的预滤波器68与补偿器70的响应特性的概略确定,对应于Horowitz的定量的反馈理论。该理论在I.M.Horowitz著的"定量反馈理论"(IEE学报,卷129,PT.d,no.6,1982年11月)中有具体的叙述。对预滤波器68与补偿器70的响应的这样选择,使系统增强,即可以对广泛变化的车辆状况给予适当的响应。

如上所述,图4中的元件最好通过微控制器中的离散差分方程来执行。该方程在上述专利申请中有专门的描述。但补偿器与预滤波器的特性,可以从下述解释得以充分了解,而离散差分方程可以容易地由本专业的技术人员推导出来。对于补偿器来说传递函数是:

$$D(s) = \frac{6(s^2/35^2 + s/40 + 1)}{(s/7 + 1)(s/10 + 1)(s/15 + 1)(s/30 + 1)} \quad (5)$$

类似的预滤波器传递函数是:

$$F(s) = \frac{1}{(s/10+1)} \cdot (6)$$

本发明可以有助于运用在随变速器换档的离合器再啮合情况。在这种情况下,可以采用图4中同样的控制程序,包括上面列出的用于预滤波器68与补偿器70的传递函数。在以差分方程的形式表示时,用于变速器换档的控制程序,是不同于起动程序在方程中所选择的系数。这一组具体的系数,可以按照来自变速器换档控制器33的齿轮信号,从系数存储器75中提取。选出的系数组也可以包括用于积分电路74的累计系数与用于微分电路73的系数。另一方面,本发明也以上述同样的方式进行。

本发明的控制程序对于车辆响应的变化是牢固可靠的。可以确信此处所描述的自动离合器控制器,可以控制单辆车辆内车辆负载的变化,以及控制不同车辆间发动机、离合器和驱动系振荡响应的不同组合之间在响应方面的变化。因此,本发明的自动离合器控制器,对于特定的车辆不需特殊化。故本发明的自动离合器控制器,对于各种车辆都是易于制成的。

本发明要求专利保护的各实施例在权利要求中加以限定。

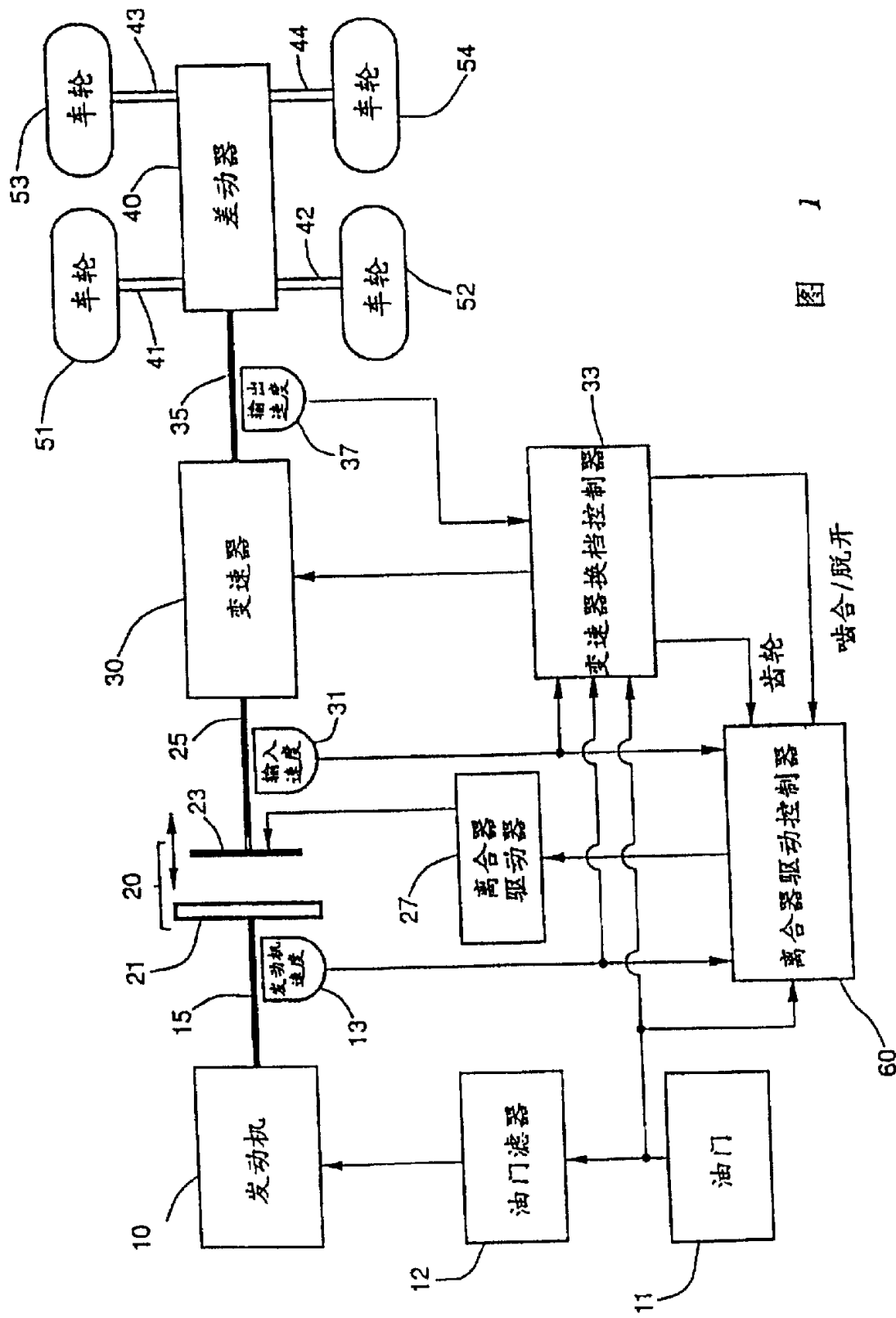


图 1

图 2

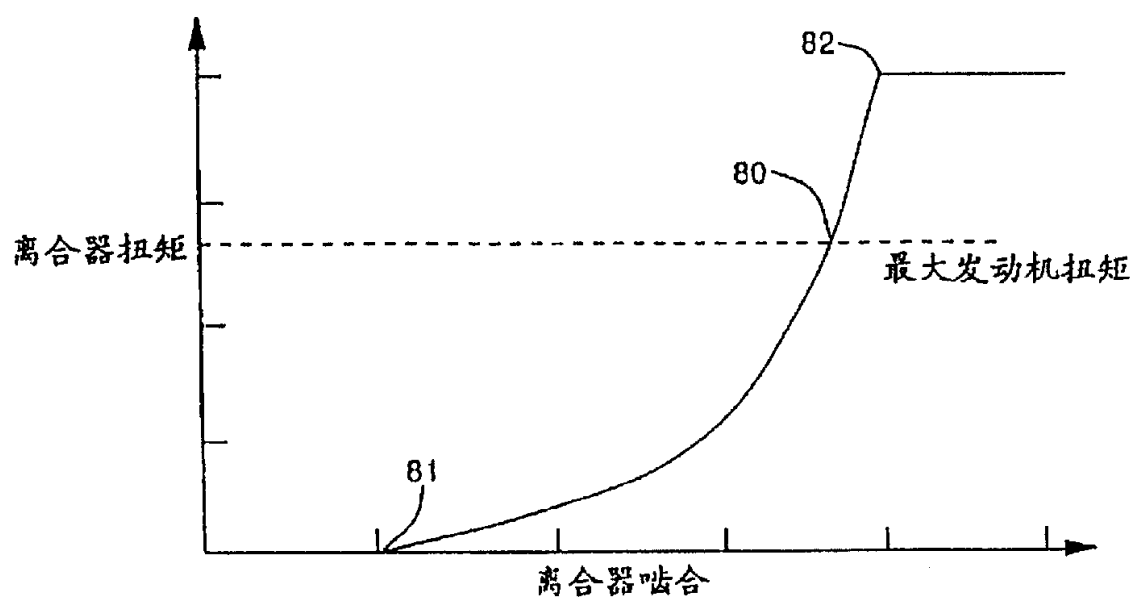
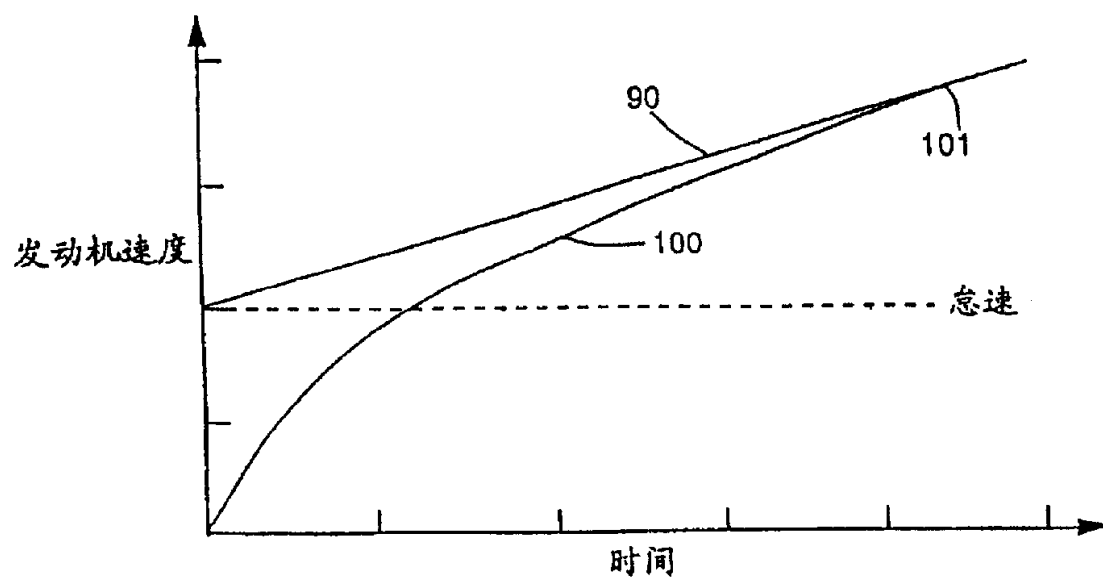


图 3



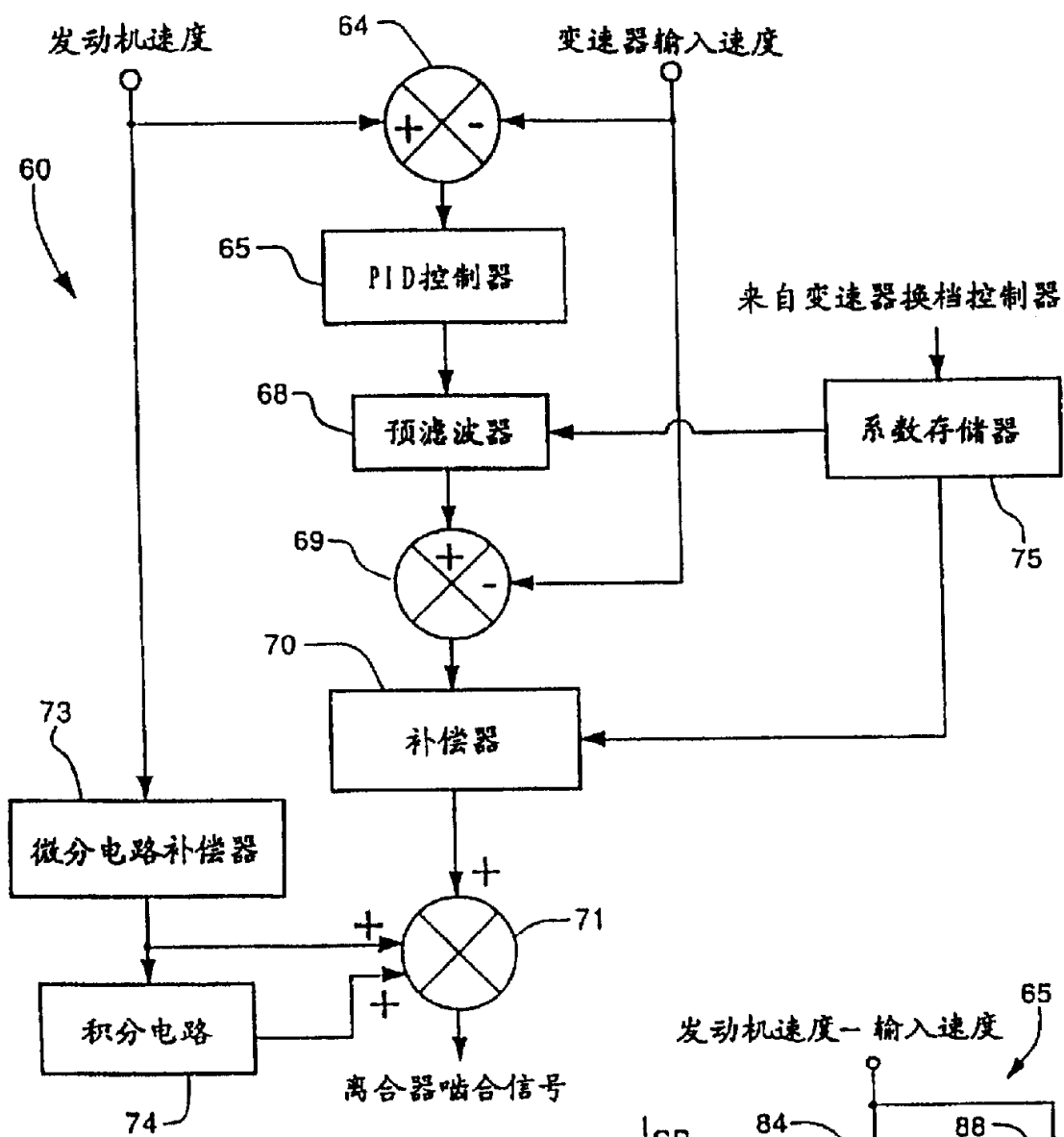


图 4

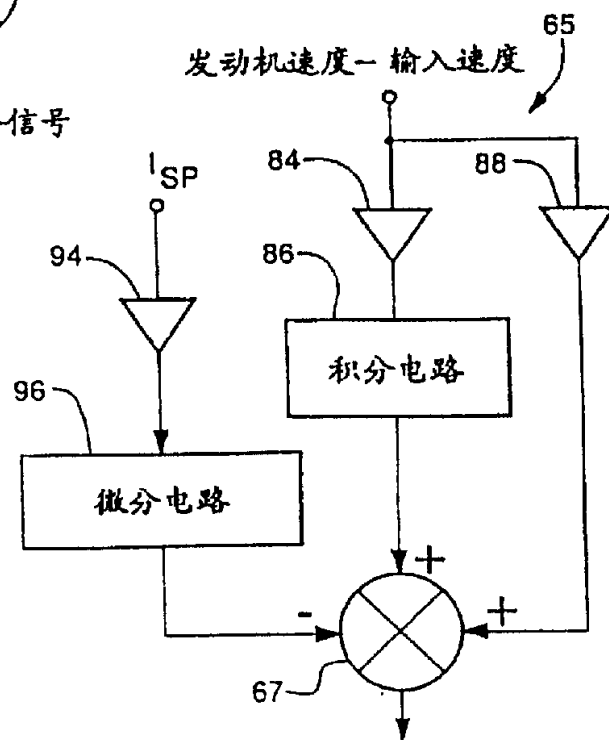


图 5