



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103574006 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 11

(21) 申请号 201310305781. 0

US 2009/0018735 A1, 2009. 01. 15,

(22) 申请日 2013. 07. 19

US 5070747 A, 1991. 12. 10,

(30) 优先权数据

13/552, 972 2012. 07. 19 US

EP 2233766 A1, 2010. 09. 29,

(73) 专利权人 通用汽车环球科技运作有限责任
公司

CN 101858428 A, 2010. 10. 13,

地址 美国密歇根州

CN 102230532 A, 2011. 11. 02,

(72) 发明人 D. 莫纳杰米 M. D. 基利斯泽斯基
T. J. 索尔

DE 102007045366 A1, 2009. 04. 02,

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

JP 2009-41626 A, 2009. 02. 26,

11105

JP 2007-40132 A, 2007. 02. 15,

代理人 葛青

审查员 陈澄

(51) Int. Cl.

F16H 59/02(2006. 01)

权利要求书1页 说明书5页 附图2页

F16H 61/14(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2005/0107936 A1, 2005. 05. 19,

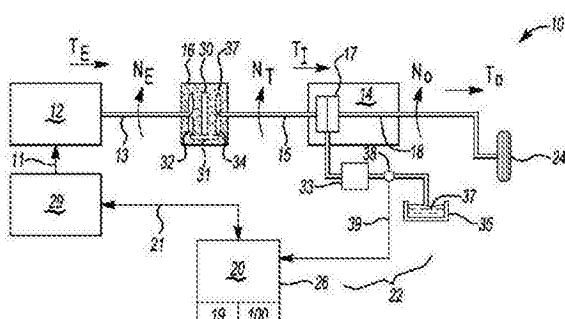
US 5211079 A, 1993. 05. 18,

(54) 发明名称

基于 PID 的动力降档的扭矩阶段控制

(57) 摘要

用于控制车辆中离合器 - 离合器动力降档的扭矩阶段的方法，包括在动力降档的近同步推进 (NSB) 期间确定同步速度。该方法包括，经由控制器估计前馈离合器压力，该压力将涡轮速度保持在同步速度，随后将离合器压力命令缓加至即将接通离合器，到校准的前馈离合器压力。在 NSB 阶段期间响应于预定 PID 致动事件，在离合器压力命令上启动闭环比例 - 积分 - 微分 (PID) 控制。车辆包括发动机、变速器、变矩器和控制器。控制器具有处理器和实施上述方法的指令存储在其上的存储器。处理器对指令的执行使得控制器执行该方法。



1. 一种用于控制车辆中的离合器 - 离合器动力降档的扭矩阶段的方法, 所述车辆具有变速器和变矩器, 该方法包括 :

在动力降档的近同步推进 (NSB) 状态期间, 确定变速器的即将断开离合器和即将接通离合器的同步速度, 其中 NSB 状态是在即将断开离合器和即将接通离合器达到同步速度之前的扭矩阶段的部分 ;

经由控制器, 估计将变矩器的涡轮速度保持在同步速度的前馈离合器压力 ;

将离合器压力命令缓加至即将接通的离合器到估计的前馈离合器压力 ; 和

在 NSB 状态期间响应于预定 PID 致动事件, 在离合器压力命令上启动闭环比例 - 积分 - 微分 (PID) 控制。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 进一步包括 :

仅当同步速度已经被维持了校准的时间时, 退出 NSB 状态。

3. 如权利要求 1 所述的方法, 进一步包括 :

当在校准的时间段内即将接通离合器压力还未达到估计的前馈离合器压力时, 退出 NSB 状态。

4. 如权利要求 1 所述的方法, 其中 PID 致动事件包括 : 通过控制器确定实际换档时间是否超出希望的换档时间。

5. 如权利要求 1 所述的方法, 其中 PID 致动事件包括 : 通过控制器确定自 NSB 状态开始所经历的时间是否超出阈值。

6. 如权利要求 1 所述的方法, 进一步包括 :

当离合器速度被同步并经过校准的时间段时, 退出 PID 控制。

7. 如权利要求 1 所述的方法, 进一步包括 :

将涡轮速度与校准的上阈值和下阈值比较 ; 和

当涡轮速度落在由上阈值和下阈值限定的范围之外时, 在离合器 - 离合器动力降档期间, 临时冻结到即将接通离合器的压力命令。

8. 如权利要求 1 所述的方法, 进一步包括 :

测量用于促动离合器的流体的温度 ; 和

根据测得的温度, 使用控制器来调节 PID 控制逻辑的比例、积分和微分增益。

9. 如权利要求 8 所述的方法, 其中在执行降档期间, 增益的调节实时地发生。

基于 PID 的动力降档的扭矩阶段控制

技术领域

[0001] 本公开涉及使用比例 - 积分 - 微分 (PID) 控制的自动变速器中动力降档的扭矩阶段的控制。

背景技术

[0002] 自动变速器包括用于执行动力降档事件的离合器和齿轮元件。在降档期间，变速器控制器将扭矩从即将断开的离合器传递到即将接通的离合器，以由此将变速器转换到较低档位。控制器确保在离合器 - 离合器降档中，与当前速度比相关的离合器（即，即将断开的离合器）释放，而与希望的新速度比相关的离合器（即，即将接通的离合器）平稳地接合。涡轮速度升高，直到离合器速度被同步到被称为同步速度的值。在降档的惯性阶段期间，离合器打滑且速度比变化。在随后发生的扭矩阶段，速度比不变化。随着变速器转换到较低档位时，变速器输出扭矩增大。

发明内容

[0003] 本文公开了一种方法，该方法用于使用基于比例 - 积分 - 微分 (PID) 的控制来控制动力降档的扭矩阶段。本方法在降低校准复杂性的同时提高动力降档的质量。PID 控制选择性地被使用，以建立换档事件上的闭环反馈控制以及开环 / 前馈离合器压力控制。这仅发生在降档的扭矩阶段的特定状态期间，即将在下文中详细描述的近同步推进 (NSB) 状态。NSB 状态期间使用基于 PID 的控制提供了自校准、闭环的方式，以实现并维持离合器的同步速度，所述离合器用于执行离合器 - 离合器动力降档。

[0004] 特别地，本文公开了用于控制车辆中离合器 - 离合器动力降档的扭矩阶段的方法，所述车辆具有变速器，所述变速器具有用于执行离合器 - 离合器降档的一对离合器。该方法包括在动力降档的 NSB 状态期间确定同步速度。NSB 状态是在离合器达到同步速度之前的扭矩状态的部分。另外，该方法包括经由控制器估计将涡轮速度保持在同步速度的前馈离合器压力。其后，该 方法包括将离合器压力命令缓加至即将接通的离合器，至计算出的前馈离合器压力。随后响应于预定 PID 致动事件，在 NSB 状态期间在离合器压力命令上选择性地建立闭环 PID 控制。

[0005] 本文还公开了一种车辆。该车辆包括发动机、自动变速器和控制器，所述自动变速器由发动机驱动，并具有用于执行离合器 - 离合器动力降档的即将接通和即将断开的离合器。所述控制器与变速器通信，执行上述方法。

[0006] 另外，公开了一种用于车辆的系统。该系统包括变速器和控制器。所述变速器包括第一和第二离合器，以及可连接到车辆发动机的驱动轴的输入轴。控制器包括处理器和有形非瞬时性的存储装置，用于执行方法的指令记录于所述存储装置上，所述方法用于控制使用上述方法的变速器的离合器 - 离合器动力降档的扭矩阶段。

[0007] 本发明的上述特征和优势及其他特征和优势将从用于实施本发明的最佳模式的以下详细描述连同附图时显而易见。

附图说明

[0008] 图 1 是示例车辆的示意图,所述车辆具有自动变速器和控制器,所述控制器使用基于比例 - 积分 - 微分 (PID) 的控制逻辑来控制动力降档的扭矩阶段。

[0009] 图 2 是用于图 1 车辆的变速器控制值的时间曲线图,其中值的大小标示在纵向轴线上,时间标示在水平轴线上。

[0010] 图 3 是涡轮速度的时间曲线图,其示出了将传递到即将接通离合器的压力命令临时冻结的可选方式。

[0011] 图 4 是描述用于控制图 1 的车辆中动力降档的扭矩阶段的示例方法的流程图。

具体实施方式

[0012] 参考附图,图 1 中示出了示例车辆 10,其包括自动变速器 14 和变速器控制器 26。控制器 26 配置为执行实施本方法 100 的指令,该控制器的一个示例在图 4 中示出并在下文中被解释。方法 100 的执行使得控制器 26 控制变速器 14 的离合器 - 离合器动力降档。除了开环、前馈离合器压力控制之外,控制器 26 选择性地使用比例 - 积分 - 微分 (PID) 控制逻辑,以实现和维持在本文公开的特定降档期间使用的离合器组 17 的速度同步。本方法意图降低 与基于查找表的离合器 - 离合器降档的校准通常相关的校准复杂性,同时还提供提高的换档感受。

[0013] 车辆 10 可包括内燃发动机 12。发动机驱动轴 13 以发动机速度 (N_E) 旋转,并将发动机扭矩 (T_E) 传递到液力变矩器 16。变矩器包括涡轮 34,该涡轮连接到变速器输入轴 15,且使得输入轴 15 以涡轮速度 (箭头 N_T) 旋转。定子 30 被定位在泵 32 和涡轮 34 之间。变矩器离合器 31 可用于选择性地将泵 32 锁定到高于阈值锁定速度的涡轮 34,如本领域技术人员将理解的。由此,输入扭矩 (T_r) 经由变矩器 16 经由输入轴 15 传递到变速器 14。变速器 14 的输出轴 18 以输出速度 (N_o) 旋转,并最终将变速器输出扭矩 (T_o) 从各离合器 17 和变速器 14 的相关齿轮组传送到一组驱动轮 24。

[0014] 图 1 的变速器 14 可配置为多速变速器,例如 6 速或 8 速变速器。由此,离合器 17(其包括至少用于如上所述被执行的特定降档操作的即将断开和即将接通的离合器)可根据需要使用电 - 液力控制部件(未示出)选择性地被接合和脱开。由流体泵 33 从贮液箱 35 抽吸的流体 37 可被用来在变速器 14 中提供需要的管路压力。温度传感器 38 可用于测量流体 37 的温度,并将测得的温度(箭头 39)通信到控制器 26。参考图 4,如下所述,测得的温度(箭头 39)可由控制器 26 使用用于各种控制目的,包括计算用于 PID 控制逻辑的所需要的增益。

[0015] 在动力降档操作期间,图 1 中所示的控制器 26 选择性地执行本方法 100,例如通过执行记录在有形非瞬时性存储器 20 中的计算机代码或指令。控制器 26 可包括例如处理器 19 的元件。存储器 20 可包括只读存储器 (ROM)、电可擦除只读存储器 (EPROM)、闪存等。控制器 26 还可包括足够的瞬时性存储器,例如随机存取存储器 (RAM)。

[0016] 存储器 20 可包括上述 PID 控制逻辑、一个或多个高速时钟、计时器、模拟 - 数字 (A/D) 电路、数字 - 模拟 (D/A) 电路、数字信号处理器,以及必要的输入 / 输出 (I/O) 装置和其他信号控制和 / 或缓冲电路。控制器 26 具体地使用 PID 控制逻辑来如下所述地优化动

力降档。

[0017] 如本领域技术人员所熟知, PID 控制是指一种特殊的闭环反馈方法及相关逻辑, 其使用三种控制项 : 比例 (P) 项、积分 (I) 项和微分 (D) 项。每一项代表基于被控制的特定变量的误差值的相应的校正因子。由此增益值与每一项相关。

[0018] 典型的基于 PID 的控制方法将前馈控制项 (U) 产生到被控制的系统或设备中, 例如图 1 的变速器 14。U 项可使用以下方程计算 :

$$[0019] U = K_P \cdot e + K_I \cdot \int e \cdot dt + K_D \frac{de}{dt}$$

[0020] 其中 K_p 、 K_I 和 K_D 代表相应的校准的比例、积分和微分的增益, 且其中 e 是计算出的闭环误差反馈项。

[0021] 仍参考图 1 的示例车辆 10, 车辆 10 可包括发动机控制单元 (ECU) 29, 其是如图所示的分立的装置或部分 / 整体地与控制器 26 为一体。在任一实施例中, 控制器 26 经由通信通道 21 与 ECU29 通信, 其中 ECU29 根据需要将发动机控制值 (箭头 11) 提供到发动机 12。例如, 在给定的换档操作期间, 控制器 26 可要求来自 ECU29 的发动机扭矩的特定水平, 其中 ECU29 根据需要经由任何适当方式通过增大或减小发动机扭矩 (T_E) 而响应。

[0022] 参考图 2, 一组控制值 40 被相对于时间 (t) 绘制, 其中时间 (t) 表示在水平轴线上, 各值 40 的大小表示在纵向轴线上。控制值 40 包括涡轮速度 (N_T), 即图 1 中所示的涡轮 34 的旋转速度, 以及即将断开的离合器的压力 (P_x)、管路压力 (P_L) 和即将接通的离合器压力 (P_o)。即将断开和即将接通的压力命令分别由曲线 60 和 70 表示, 而涡轮速度 (N_T) 由曲线 42 表示。管路压力 (P_L) 由线 50 指示。NSB 状态发生在范围 (T) 内。

[0023] 对于涡轮速度 (曲线 42), 在之前的某个时刻图 1 的控制器 26 要求响应于驾驶员的动作而执行动力降档。在较短延时后, 涡轮速度 (曲线 42) 从与较高档位相关的第一速度点 44 倾斜上升到与较低档位相关的第二速度点 48。在第二速度点 48 处, 涡轮速度 (曲线 42) 呈平稳状态或以校准速率逐渐下降。

[0024] 在图 2 中, 动力降档的惯性阶段发生在 t_0 与 t_1 之间。在大约 t_1 处并继续持续到大约 t_2 , 变速器 14 进入扭矩阶段。更准确地, 变速器 14 进入扭矩阶段的早期状态, 该状态此后称为近同步推进 (NSB)。顾名思义, NSB 状态在扭矩阶段中接近同步速度的速度处被使用, 以便“推进”或辅助正常换档进行。换档的剩余扭矩阶段在 NSB 状态完成后开始于大约 t_2 处。

[0025] 平稳地进入扭矩阶段要求图 1 的离合器 17 (即被用于执行离合器 - 离合 器降档的即将断开离合器和即将接通离合器) 的适当速度同步。在方法 100 的执行期间, 控制器 26 由此选择性地致动图 1 的 PID 逻辑, 以由此在 NSB 状态期间实现和维持同步速度。因为同步发生大约在图 2 的第二速度点 48 处, 所以基于 PID 的控制可在 t_1 处或在 t_1 之后应用。

[0026] 一旦同步速度已经被保持校准的间隔, 如对于将在下文中参考图 3 所描述的“正常”换档的图 2 中的间隔 (t_1 , t_2), 则控制器 26 允许转换到扭矩阶段。在图 2 的示例中, 降档换档在大约 t_4 处完成, 此时控制器 26 将即将断开离合器压力 (曲线 60) 降低到校准的用于该离合器的复位弹簧压力。在已经达到同步速度后, 或就在图 2 中所示的示例中的 t_2 之后, 即将接通的离合器压力 (曲线 70) 快速提高。

[0027] 参考图 3, 在可选的方式中, 控制器 26 可选择性地冻结到即将接通的离合器的压

力命令,以便阻止 NSB 状态期间在闭环 PID 控制操作中的通过该离合器的不希望的干扰。示例控制值每一个代表与三种可能的换档效果有关的涡轮速度:正常换档、长换档和短换档。这里所使用的术语正常、长和短是相对的。即,这里使用的术语“正常”表示具有预期完成时间的降档,而“长”和“短”分别表示比预期花更长或更短完成的换档,其中任何预期的值被校准用于被使用的特定变速器。

[0028] 在图 3 中,线 43 代表涡轮速度 (N_T) 的目标值,即曲线 42。正常的换档可观察到涡轮速度(曲线 42)通过期望的时间(例如 t_2)渐变至目标值(曲线 43)。短换档可比预期更早地完成,例如在 t_2 之前,且由此产生涡轮速度曲线 49,而长换档可更晚地完成,即,接近 t_3 ,并由此产生涡轮速度曲线 47。时间 t_1 、 t_2 和 t_3 在图 3 中的示例中是示例性的,而不意图代表图 2 中示出的相同的时间增量。

[0029] 使用图 3 中所示的可选方式,图 1 的控制器 26 可建立涡轮速度 (N_T) 的上阈值 45 和下阈值 41。作为可能的控制动作,如果涡轮速度 (N_T) 超出上阈值 45(由曲线 49 指示的条件),则控制器 26 可临时性地冻结即将接通的压力(图 2 的 P_o)。类似地,如果涡轮速度 (N_T) 没有至少超出下阈值 41,则控制器 26 可冻结即将接通离合器压力。作为控制作用的一部分,控制器 26 可阻止即将接通压力(P_o),例如图 2 的曲线 70,在 NSB 状态 (T) 和随后的扭矩阶段期间缓增,由此阻止该命令与闭环 PID 控制在如图 2 中所示的 NSB 状态 (T) 期间相干扰。

[0030] 再次参考图 2,曲线 55 和 57 表示两个示例涡轮速度线。作为下文所讨论的方法 100 的一部分,控制器 26 可利用数字或模拟计时器来确定涡轮速度 (N_T) 是否在校准的时间段上足够稳定和维持如此。控制器 26 可确保仅在已经经历了校准的时间段后,图 1 的变速器 14 才进入降档的扭矩阶段。即,经历的时间指示,即将断开和即将接通离合器(图 1 的离合器 17)的速度保持同步达到足够的时间量,由此消除控制器 26 对瞬时事件而不是真正同步起作用的可能性。例如,曲线 55 可具有相应的校准的稳定间隔(t_3 , t_4),而曲线 57 可具有间隔(t_5 , t_6)。这些时间间隔可以是相同的,例如 100ms。

[0031] 参考图 4,并结合图 1 中所示的车辆 10 的结构元件,用于控制车辆 10 的动力降档的示例方法 100 开始于步骤 102,其中控制器 26 处理一组准入标准。步骤 102 确定在动力降档期间是否停止离合器 17 的主动打滑控制。例如,控制器 26 可考虑涡轮 34 的加速速率,和 / 或验证校准的计时器还没有失效。步骤 102 的最终结果是,通过控制器 26 确定即将接通和即将断开离合器的速度已经接近同步速度,例如图 2 的第二速度点 48,但还没有达到那一点。如果还没有满足任何准入标准,则方法 100 行进至步骤 104。如果满足准入标准,则方法 100 替代地行进至步骤 106。

[0032] 在步骤 104 处,在降档的惯性阶段,控制器 26 继续执行打滑控制,并重复步骤 102 直到不再需要打滑控制。尽管为了阐述更清楚而在图 4 中未示出,如果在任何点处,车辆 10 的驾驶员请求额外的发动机输出扭矩,则控制器 26 可中止方法 100 的执行,并进行所要求的升档。

[0033] 在步骤 106 处,控制器 26 进入图 2 中所示的 NSB 状态 (T) 区域。步骤 106 包括经由处理器 20 计算用于将涡轮速度保持在同步速度的适当的前馈离合器压力。一旦控制器 26 已经确定达到同步速度所需的离合器压力,则方法 100 行进至步骤 108。

[0034] 在步骤 108 处,控制器 26 确定同步速度是否已经持续校准的时间段,或替代地,同

步速度是否已经超时。后者可类似地基于计时器，确定在预期的时间段内是否已经实现同步。如果任一条件为真，则控制器 26 执行步骤 111。否则，控制器 26 确定 NSB 状态维持有效，并替代地行进至步骤 110。

[0035] 在步骤 110，控制器 26 接下来计算所需要的前馈离合器压力，并开始缓增即将接通的离合器压力，以实现该压力。方法 100 随后进行至步骤 112。

[0036] 在步骤 112，控制器 26 确定预定的 PID 致动事件是否已经发生。步骤 112 的执行用于仅响应于特定标准，在 NSB 状态期间选择性地启动 PID 控制（即闭环反馈控制）以及前馈控制。在步骤 112 中考虑的示例标准可包括，启动另一个计时器来确定在校准的时间内是否还没有达到同步。替代地，控制器 26 可确定实际换档时间是否已经超出所需的换档时间，或离合器 17 是否还没有被同步，这可通过测量涡轮速度和将测得的速度值与同步的预期涡轮速度进行对比来确定。如果已经发生这些 PID 致动事件的任一个，则方法 100 行进至步骤 114。否则，控制器 26 可重复步骤 108。

[0037] 在步骤 114，控制器 26 使用图 1 的 PID 逻辑在即将接通的压力命令上应用闭环 PID 控制。作为步骤 114 的一部分，控制器 26 可根据流体 37 的测得的温度（箭头 39）调节 P、I 和 D 增益，即上文所述的值 K_p 、 K_r 和 K_D 。在换档期间，增益调节可实时地发生，或其可以在换档之间进行。控制器 26 随后重复步骤 108。

[0038] 使用如上所述的方法 100，在动力降档期间，在单个状态中（即近同步推进或 NSB 状态期间），使用闭环和开环反馈控制的组合，控制离合器同步。这种方式可提高换档质量，同时降低传统多状态开环前馈控制所需要的迭代校准的量。

[0039] 尽管已经对执行本发明的较佳模式进行了详尽的描述，但是本领域技术人员可得知在所附的权利要求的范围内的用来实施本发明的许多替换设计和实施例。

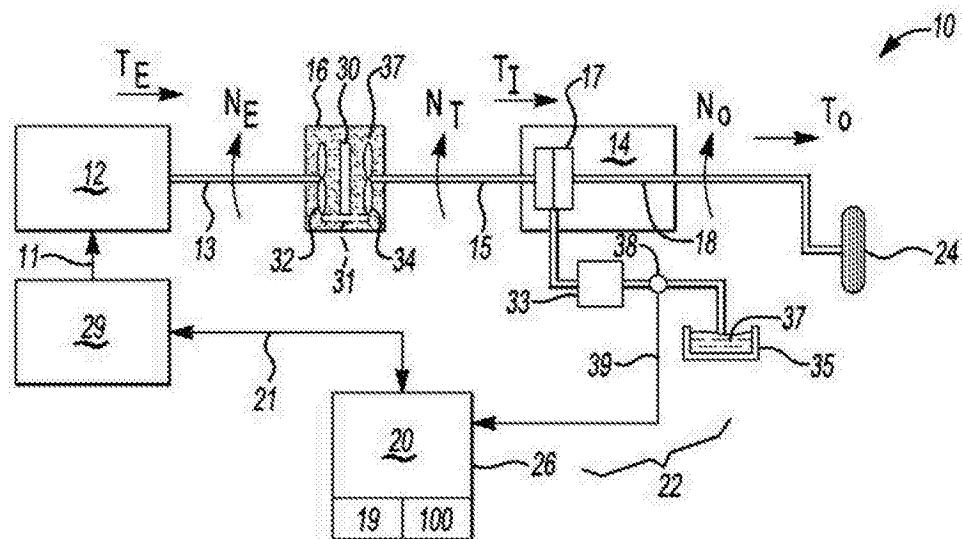


图 1

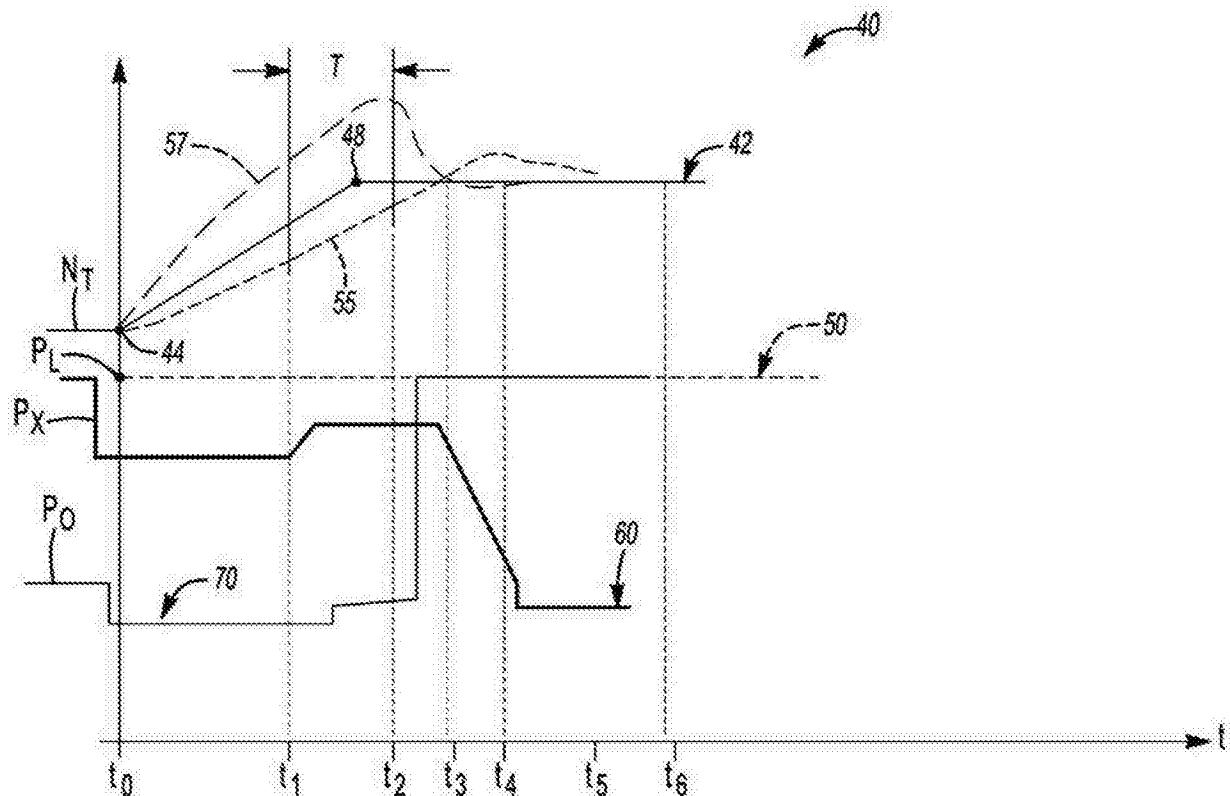


图 2

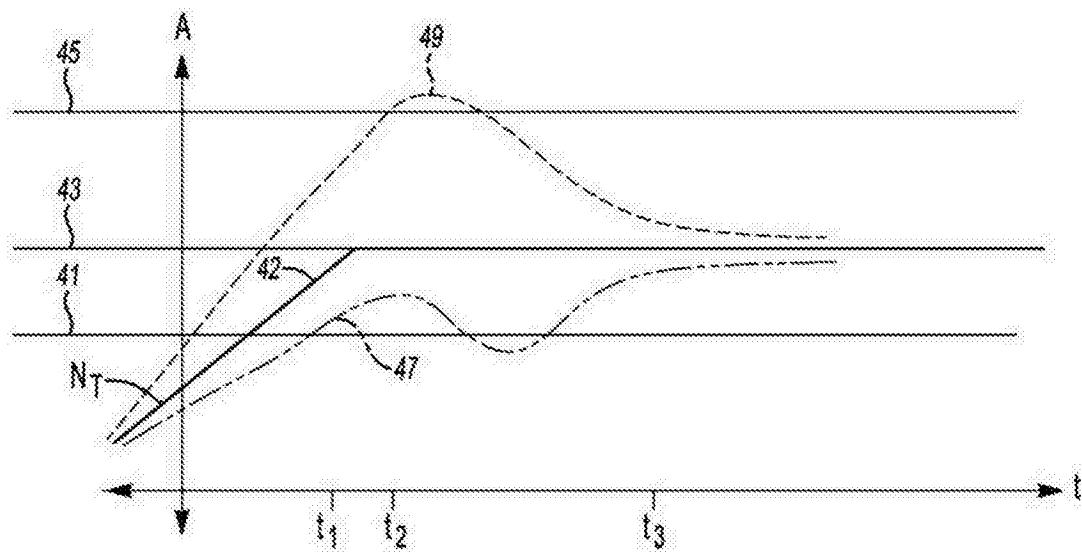


图 3

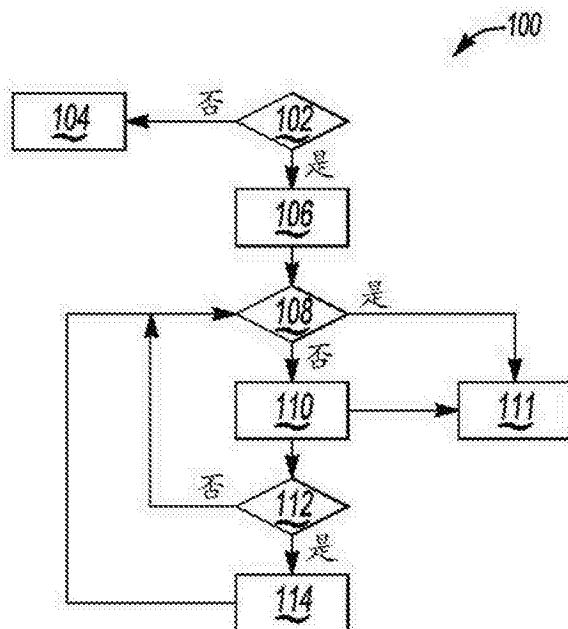


图 4