



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106062866 B

(45)授权公告日 2019.11.29

(21)申请号 201580011441.4

(22)申请日 2015.01.08

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106062866 A

(43)申请公布日 2016.10.26

(30)优先权数据
14/152,538 2014.01.10 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.08.30

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/010625 2015.01.08

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/105978 EN 2015.07.16

(73)专利权人 博士有限公司
地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 C·M·赫拉 B·J·冯

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

代理人 王茂华 杨立

(51)Int.Cl.
G10K 15/02(2006.01)
B60Q 5/00(2006.01)
B60W 50/14(2006.01)

(56)对比文件
US 2012177214 A1,2012.07.12,
US 2012106748 A1,2012.05.03,
US 2012177214 A1,2012.07.12,
US 2006269078 A1,2006.11.30,
CN 2368997 Y,2000.03.15,
CN 103392202 A,2013.11.13,
JP 2001071900 A,2001.03.21,

审查员 赵柯

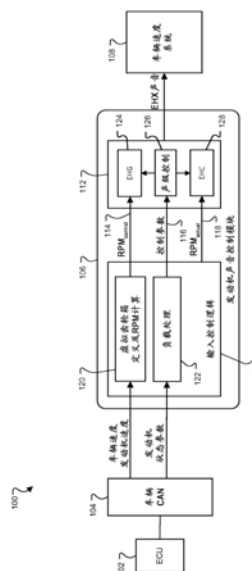
权利要求书5页 说明书12页 附图8页

(54)发明名称

发动机声音管理

(57)摘要

在装备有车辆声音系统的车辆中,确定虚拟固定齿轮比;基于虚拟固定齿轮比而确定虚拟RPM;基于虚拟RPM而生成谐波信号的集合,该谐波信号是与虚拟RPM的谐波成比例的正弦波信号;处理谐波信号以产生经处理的谐波信号的集合;并且在车辆声音系统中,将经处理的谐波信号换能为声能,由此在车辆的客舱内产生发动机声音。



1. 一种用于声音管理的方法,包括:

在装备有车辆声音系统和无级变速器CVT的车辆中,

确定虚拟固定齿轮比;

基于所述虚拟固定齿轮比而确定虚拟RPM;

其中所述虚拟固定齿轮比基于所述无级变速器的当前齿轮比而被确定,所述无级变速器的所述当前齿轮比作为测量到的实际RPM和车辆速度的函数而随时间连续地变化,并且

其中当所述实际RPM保持恒定时,所述虚拟RPM随所述车辆速度而改变;

基于所述虚拟RPM而生成谐波信号的集合,所述谐波信号是与所述虚拟RPM的谐波成比例的正弦波信号;

处理所述谐波信号以产生经处理的谐波信号的集合;以及

在所述车辆声音系统中,将所述经处理的谐波信号换能为声能,由此在所述车辆的客舱内产生发动机声音。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述虚拟固定齿轮比根据以下而被确定:

$$GR_{\text{virtual}}(t) = c \cdot f(GR_{\text{CVT}}(t))$$

其中 $GR_{\text{virtual}}(t)$ 是所述虚拟固定齿轮比; c 是常量; $GR_{\text{CVT}}(t)$ 是所述CVT的所述当前齿轮比;并且 $f(GR_{\text{CVT}}(t))$ 是用于将所述当前齿轮比映射到预定义的虚拟固定齿轮比的集合的映射函数。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述虚拟固定齿轮比根据以下而被确定:

$$GR_{\text{virtual}}(t) = c(t) \cdot f(GR_{\text{CVT}}(t))$$

其中 $GR_{\text{virtual}}(t)$ 是所述虚拟固定齿轮比; $c(t)$ 是作为测量到的发动机负载的函数而变化的变量; $GR_{\text{CVT}}(t)$ 是所述CVT的所述当前齿轮比;并且 $f(GR_{\text{CVT}}(t))$ 是用于将所述当前齿轮比映射到预定义的虚拟固定齿轮比的集合的映射函数。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述虚拟固定齿轮比根据以下而被确定:

$$GR_{\text{virtual}}(t) = c(t) \cdot f(GR_{\text{CVT}}(t))$$

其中 $GR_{\text{virtual}}(t)$ 是所述虚拟固定齿轮比; $c(t)$ 是作为测量到的加速器踏板位置的函数而变化的变量; $GR_{\text{CVT}}(t)$ 是所述CVT的所述当前齿轮比;并且 $f(GR_{\text{CVT}}(t))$ 是用于将所述当前齿轮比映射到预定义的虚拟固定齿轮比的集合的映射函数。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述虚拟固定齿轮比根据以下而被确定:

$$GR_{\text{virtual}}(t) = c(t) \cdot f(GR_{\text{CVT}}(t))$$

其中 $c(t)$ 是作为测量到的发动机负载和测量到的加速器踏板位置的函数而变化的变量,并且 $f(GR_{\text{CVT}}(t))$ 是将所述当前齿轮比($GR_{\text{CVT}}(t)$)映射到预定义的虚拟固定齿轮比的集合的映射函数。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中确定所述虚拟固定齿轮比包括根据映射函数将所述当前齿轮比映射到预定义的固定齿轮比的集合中的一个预定义的固定齿轮比,并且

其中所述映射函数 $f(GR_{\text{CVT}}(t))$ 被表达为:

$$f(\text{GR}_{\text{CVT}}(t)) = \begin{cases} gr_1 & , \text{若 } th_1 \leq \text{GR}_{\text{CVT}}(t) \\ gr_2 & , \text{若 } th_2 \leq \text{GR}_{\text{CVT}}(t) \leq th_1 \\ \vdots & \\ gr_N & , \text{若 } \text{GR}_{\text{CVT}}(t) \leq th_N \end{cases}$$

其中 $\text{GR}_{\text{CVT}}(t)$ 是CVT的当前齿轮比； $\{gr_n\}$ 是预定义的固定齿轮比的集合；并且 $\{th_n\}$ 是预定义的齿轮比阈值的集合。

7. 根据权利要求1所述的方法，进一步包括根据下式确定所述当前齿轮比：

$$\text{GR}_{\text{CVT}}(t) = \frac{\text{RPM}_{\text{actual}}(t)}{\text{VSP}(t)} \cdot \text{CR}$$

其中 $\text{GR}_{\text{CVT}}(t)$ 是所述CVT的所述当前齿轮比；并且CR是捕获所述CVT以外的固定传动比的常数。

8. 根据权利要求1所述的方法，进一步包括：

确定是否需要声音校正，

并且，若需要声音校正，则

计算所述CVT的所述当前齿轮比的瞬时值，

将所述虚拟固定齿轮比设置为所述CVT的所述当前齿轮比的所述瞬时值，并且维持所述虚拟齿轮比处于所述当前齿轮比的所计算的瞬时值不变，直到所述虚拟固定齿轮比相对于所述当前齿轮比的齿轮比偏差超出齿轮比偏差值。

9. 根据权利要求8所述的方法，进一步包括根据下式确定所述齿轮比偏差：

$$\Delta \text{GR}(t) = c \cdot \frac{\text{GR}_{\text{virtual}}(t) - \text{GR}_{\text{CVT}}(t)}{\text{GR}_{\text{virtual}}(t)}$$

其中 $\Delta \text{GR}(t)$ 是所述齿轮比偏差； $\text{GR}_{\text{virtual}}(t)$ 是所述虚拟固定齿轮比； $\text{GR}_{\text{CVT}}(t)$ 是所述CVT的所述当前齿轮比；并且c是常数。

10. 根据权利要求8所述的方法，进一步包括根据下式确定所述齿轮比偏差：

$$\Delta \text{GR}(t) = c(t) \cdot \frac{\text{GR}_{\text{virtual}}(t) - \text{GR}_{\text{CVT}}(t)}{\text{GR}_{\text{virtual}}(t)}$$

其中 $\Delta \text{GR}(t)$ 是所述齿轮比偏差； $\text{GR}_{\text{virtual}}(t)$ 是所述虚拟固定齿轮比； $\text{GR}_{\text{CVT}}(t)$ 是所述CVT的所述当前齿轮比；并且c(t)是作为测量到的发动机负载的函数而变化的变量。

11. 根据权利要求8所述的方法，进一步包括根据下式确定所述齿轮比偏差：

$$\Delta \text{GR}(t) = c(t) \cdot \frac{\text{GR}_{\text{virtual}}(t) - \text{GR}_{\text{CVT}}(t)}{\text{GR}_{\text{virtual}}(t)}$$

其中 $\Delta \text{GR}(t)$ 是所述齿轮比偏差； $\text{GR}_{\text{virtual}}(t)$ 是所述虚拟固定齿轮比； $\text{GR}_{\text{CVT}}(t)$ 是所述CVT的所述当前齿轮比；并且c(t)是作为加速器踏板位置的函数而变化的变量。

12. 根据权利要求8所述的方法，进一步包括根据下式确定所述齿轮比偏差：

$$\Delta \text{GR}(t) = c(t) \cdot (\text{GR}_{\text{virtual}}(t) - \text{GR}_{\text{CVT}}(t))$$

其中 $\Delta GR(t)$ 是所述齿轮比偏差; $GR_{\text{virtual}}(t)$ 是所述虚拟固定齿轮比; $GR_{\text{CVT}}(t)$ 是所述 CVT 的所述当前齿轮比; 并且 c 是常数。

13. 根据权利要求 8 所述的方法, 进一步包括根据下式确定所述齿轮比偏差:

$$\Delta GR(t) = c(t) \cdot (GR_{\text{virtual}}(t) - GR_{\text{CVT}}(t))$$

其中 $\Delta GR(t)$ 是所述齿轮比偏差; $GR_{\text{virtual}}(t)$ 是所述虚拟固定齿轮比; $GR_{\text{CVT}}(t)$ 是所述 CVT 的所述当前齿轮比; 并且 $c(t)$ 是作为测量到的发动机负载的函数而变化的变量。

14. 根据权利要求 8 所述的方法, 进一步包括根据下式确定所述齿轮比偏差:

$$\Delta GR(t) = c(t) \cdot (GR_{\text{virtual}}(t) - GR_{\text{CVT}}(t))$$

其中 $\Delta GR(t)$ 是所述齿轮比偏差; $GR_{\text{virtual}}(t)$ 是所述虚拟固定齿轮比; $GR_{\text{CVT}}(t)$ 是所述 CVT 的所述当前齿轮比; 并且 $c(t)$ 是作为测量到的加速器踏板位置的函数而变化的变量。

15. 根据权利要求 8 所述的方法, 其中确定是否需要声音校正包括:

确定 ΔRPM 并不超出最大值 R_{max} , 以及

确定 ΔVSP 超出最小值 V_{max} 。

16. 根据权利要求 15 所述的方法, 其中确定是否需要声音校正进一步包括确定 ΔRPM 超出最小值 R_{min} 。

17. 根据权利要求 9 所述的方法, 其中所述虚拟固定齿轮比根据以下而被确定:

$$GR_{\text{virtual}}(t) = \begin{cases} GR_{\text{virtual}}(t-1), & \text{若需要校正且 } \Delta GR(t-1) < A \\ GR_{\text{CVT}}(t), & \text{否则} \end{cases}$$

其中 $GR_{\text{virtual}}(t)$ 是所述虚拟固定齿轮比; $GR_{\text{virtual}}(t-1)$ 是在时间 $t-1$ 处确定的之前确定的虚拟固定齿轮比; $GR_{\text{CVT}}(t)$ 是所述 CVT 的所述当前齿轮比; 并且参数 A 是可调的并且表示将触发齿轮变换的期望的对实际的齿轮比偏差。

18. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中所述虚拟 RPM 根据以下而被确定:

$$\text{RPM}_{\text{virtual}}(t) = GR_{\text{virtual}}(t) \cdot \text{VSP}(t) \cdot CR^{-1}$$

其中 $\text{RPM}_{\text{virtual}}(t)$ 是所述虚拟 RPM; $GR_{\text{virtual}}(t)$ 是所述虚拟固定齿轮比; $\text{VSP}(t)$ 是车辆速度; 并且 CR 是捕获所述 CVT 以外的固定传动比的常数。

19. 根据权利要求 1 所述的方法, 进一步包括:

基于所述实际 RPM 而生成谐波消除信号的集合, 所述谐波信号是与所述实际 RPM 的谐波成比例的正弦波信号;

处理所述谐波消除信号以产生经处理的谐波消除信号的集合; 以及

在所述车辆声音系统中, 将所述经处理的谐波消除信号换能为声能, 由此在所述车辆的客舱内产生发动机声音。

20. 根据权利要求 19 所述的方法, 其中处理所述谐波消除信号包括, 针对谐波消除信号的所述集合的每个所述谐波消除信号, 利用自适应滤波器改变所述谐波消除信号的幅度和/或相位。

21. 根据权利要求 19 所述的方法, 其中处理所述谐波消除信号包括, 针对谐波消除信号的所述集合的每个所述谐波消除信号, 作为测量到的发动机负载或加速器踏板位置的函数而调节所述谐波消除信号的幅度。

22. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中处理所述谐波信号包括:

针对所述谐波信号的所述集合的每个所述谐波信号, 作为所述虚拟 RPM 的函数而应用

对应的增益。

23. 根据权利要求1所述的方法,其中处理所述谐波信号包括:

针对所述谐波信号的所述集合的每个所述谐波信号,作为测量到的发动机负载或加速器踏板位置的函数而应用增益。

24. 根据权利要求1所述的方法,其中所述车辆装备有电动机。

25. 根据权利要求24所述的方法,其中所述虚拟RPM基于车辆速度和预定义的虚拟齿轮比而被确定。

26. 根据权利要求24所述的方法,其中所述车辆是能够在内燃(IC)模式以及电动车(EV)模式操作的混合动力车辆,

其中,当在所述EV模式中操作时所述虚拟RPM基于车辆速度、以及预定义的虚拟齿轮比的第一集合而被确定,并且

当在IC模式操作时所述虚拟RPM基于从所述混合动力车辆的内燃发动机测量到的实际RPM、车辆速度、以及预定义的虚拟齿轮比的第二集合而被确定。

27. 一种用于声音管理的方法,包括:

在装备有无级变速器CVT和车辆声音系统的车辆中,

确定是否需要声音校正,并且

若不需要声音校正,则

基于测量到的实际RPM而生成谐波信号的集合,所述谐波信号是与所述实际RPM的谐波成比例的正弦波信号;

若需要声音校正,则

基于所述无级变速器的当前齿轮比而确定虚拟固定齿轮比,所述当前齿轮比作为测量到的实际RPM和车辆速度的函数而随时间连续地变化;

基于所述虚拟固定齿轮比而确定虚拟RPM,基于所述虚拟RPM而生成谐波信号的集合,所述谐波信号是与所述虚拟RPM的谐波成比例的正弦波信号;

处理所述谐波信号以产生经处理的谐波信号的集合;以及

在所述车辆声音系统中,将所述经处理的谐波信号换能为声能,由此在所述车辆的客舱内产生发动机声音,

其中即使当所述实际RPM保持恒定时,所述虚拟RPM随车辆速度而改变。

28. 根据权利要求27所述的方法,其中确定是否需要声音校正包括:

确定 Δ RPM不超出最大值 R_{max} ,以及

确定 Δ VSP超出最小值 V_{max} 。

29. 根据权利要求28所述的方法,其中确定是否需要声音校正包括确定 Δ RPM超出最小值 R_{min} 。

30. 一种用于声音管理的方法,包括:

在装备有车辆声音系统的车辆中,提供随时间增大的基频的谐波;以及

通过在受限的频率范围中换能所述谐波而经由所述车辆声音系统生成增大的声调,

其中生成所述增大的声调包括随每个所述谐波接近所述频率范围的上限而分别降低所述谐波的幅度,使得所述谐波随着其个别地到达所述频率范围的所述上限而变得不可听见;

其中,随着所述谐波中的一个谐波变得不可听见,所述谐波中的另一个谐波变得可听见。

31.根据权利要求30所述的方法,其中所述基频表示随时间增大的测量到的实际车辆RPM。

32.根据权利要求31所述的方法,其中所述车辆装备有电动机,并且其中所述基频表示所述电动机的实际RPM。

33.根据权利要求30所述的方法,其中所述基频表示基于预定义的虚拟固定齿轮比的集合而被确定的虚拟RPM。

发动机声音管理

背景技术

[0001] 本公开涉及声音管理。

[0002] 在装备有无级变速器 (CVT) 的车辆中存在显著的声音问题, 即当该车辆加速时发动机发出恒定的音调。该声音问题对于具有更低的扭矩的小排量发动机而言更加显著, 因此更可能在加速时于恒定RPM条件下操作。

[0003] 在装备CVT的车辆中, 操作者可能在加速循环期间的某点注意到发动机RPM到达保持相对恒定的值。在相同时间处, 车辆的速度继续升高。当操作者请求该车辆加速并且感受到加速时, CVT传动系的声音提供了不正确的声音反馈, 显示该车辆并不正在加速。这不仅是传动系 (PT) 音质问题, 也可能是安全问题, 因为操作者可能视图进一步加速。

[0004] 在电动车辆和在电动模式运行的混合动力车辆中存在类似的声音问题。

发明内容

[0005] 在一个方面, 一种方法包括: 在装备有车辆声音系统的车辆中, 确定虚拟固定齿轮比; 基于虚拟固定齿轮比而确定虚拟RPM; 基于虚拟RPM而生成谐波信号的集合, 该谐波信号是与虚拟RPM的谐波成比例的正弦波信号; 处理谐波信号以产生经处理的谐波信号的集合; 并且在车辆声音系统中, 将经处理的谐波信号换能为声能, 由此在车辆的客舱内产生发动机声音。

[0006] 各个实施方式可以包括以下特征中的一个, 或者其任意组合。

[0007] 在一些示例中, 该车辆装备有无级变速器, 并且虚拟固定齿轮比基于无级变速器的当前齿轮比而被确定, 当前齿轮比作为测量到的实际RPM和车辆速度的函数而随时间连续地变化。当实际RPM保持恒定时, 虚拟RPM随车辆速度而改变。

[0008] 在一些实施方式中, 虚拟固定齿轮比根据以下而被确定: $GR_{\text{virtual}}(t) = c \cdot f(GR_{\text{CVT}}(t))$, 其中 $GR_{\text{virtual}}(t)$ 是虚拟固定齿轮比; c 是常量; $GR_{\text{CVT}}(t)$ 是CVT的当前齿轮比; 并且 $f(GR_{\text{CVT}}(t))$ 是用于将当前齿轮比映射到预定义的虚拟固定齿轮比的集合的映射函数。

[0009] 在某些实施方式中, 虚拟固定齿轮比根据以下而被确定: $GR_{\text{virtual}}(t) = c(t) \cdot f(GR_{\text{CVT}}(t))$, 其中 $GR_{\text{virtual}}(t)$ 是虚拟固定齿轮比; $c(t)$ 是作为测量到的发动机负载的函数而变化的变量; $GR_{\text{CVT}}(t)$ 是CVT的当前齿轮比; 并且 $f(GR_{\text{CVT}}(t))$ 是用于将当前齿轮比映射到预定义的虚拟固定齿轮比的集合的映射函数。

[0010] 在一些示例中, 虚拟固定齿轮比根据以下而被确定: $GR_{\text{virtual}}(t) = c(t) \cdot f(GR_{\text{CVT}}(t))$, 其中 $GR_{\text{virtual}}(t)$ 是虚拟固定齿轮比; $c(t)$ 是作为测量到的加速器踏板位置的函数而变化的变量; $GR_{\text{CVT}}(t)$ 是CVT的当前齿轮比; 并且 $f(GR_{\text{CVT}}(t))$ 是用于将当前齿轮比映射到预定义的虚拟固定齿轮比的集合的映射函数。

[0011] 在某些示例中, 虚拟固定齿轮比根据以下而被确定: $GR_{\text{virtual}}(t) = c(t) \cdot f(GR_{\text{CVT}}(t))$, 其中 $c(t)$ 是作为测量到的发动机负载和测量到的加速器踏板位置的函数而变化的变量, 并且 $f(GR_{\text{CVT}}(t))$ 是将当前齿轮比 ($GR_{\text{CVT}}(t)$) 映射到预定义的虚拟固定齿轮比的集合的映射函数。

[0012] 在一些情况下,确定虚拟固定齿轮比包括根据映射函数将当前齿轮比映射到预定义的固定齿轮比的集合中的一个预定义的固定齿轮比。映射函数 $f(GR_{CVT}(t))$ 被表达为:

$$[0013] \quad f(GR_{CVT}(t)) = \begin{cases} gr_1 & , \text{若 } th_1 \leq GR_{CVT}(t) \\ gr_2 & , \text{若 } th_2 \leq GR_{CVT}(t) \leq th_1, \\ \vdots & \\ gr_N & , \text{若 } GR_{CVT}(t) \leq th_N \end{cases}$$

[0014] 其中 $GR_{CVT}(t)$ 是CVT的当前齿轮比; $\{gr_n\}$ 是预定义的固定齿轮比的集合; 并且 $\{th_n\}$ 是预定义的齿轮比阈值的集合。

[0015] 在一些情况下,该方法包括根据以下而确定当前齿轮比:

$$GR_{CVT}(t) = \frac{RPM_{actual}(t)}{VSP(t)} \cdot CR, \text{ 其中 } GR_{CVT}(t) \text{ 是 CVT 的当前齿轮比; 并且 } CR \text{ 是捕获 CVT 以}$$

外的固定传动比的常数。

[0016] 在一些实施方式中,该方法包括确定声音校正是否是必要的。如果声音校正是必要的,那么该方法还包括计算CVT的当前齿轮比的瞬时值,将虚拟固定齿轮比设置为CVT的当前齿轮比的瞬时值,并且维持虚拟齿轮比处于当前齿轮比的所计算的瞬时值不变,直到虚拟固定齿轮比相对于当前齿轮比的齿轮比偏差超出齿轮比偏差值。

[0017] 在某些实施方式中,该方法包括根据以下而确定齿轮比偏差:

$$\Delta GR(t) = c \cdot \frac{GR_{virtual}(t) - GR_{CVT}(t)}{GR_{virtual}(t)}, \text{ 其中 } \Delta GR(t) \text{ 是齿轮比偏差; } GR_{virtual}(t) \text{ 是虚拟固}$$

定齿轮比; $GR_{CVT}(t)$ 是CVT的当前齿轮比; 并且 c 是常数。

[0018] 在一些示例中,该方法包括根据以下而确定齿轮比偏差:

$$\Delta GR(t) = c(t) \cdot \frac{GR_{virtual}(t) - GR_{CVT}(t)}{GR_{virtual}(t)}, \text{ 其中 } \Delta GR(t) \text{ 是齿轮比偏差; } GR_{virtual}(t) \text{ 是虚}$$

拟固定齿轮比; $GR_{CVT}(t)$ 是CVT的当前齿轮比; 并且 $c(t)$ 是作为测量到的发动机负载的函数而变化的变量。

[0019] 在某些示例中,该方法包括根据以下而确定齿轮比偏差:

$$\Delta GR(t) = c(t) \cdot \frac{GR_{virtual}(t) - GR_{CVT}(t)}{GR_{virtual}(t)}, \text{ 其中 } \Delta GR(t) \text{ 是齿轮比偏差; } GR_{virtual}(t) \text{ 是虚}$$

拟固定齿轮比; $GR_{CVT}(t)$ 是CVT的当前齿轮比; 并且 $c(t)$ 是作为加速器踏板位置的函数而变化的变量。

[0020] 在一些情况下,该方法包括根据以下而确定齿轮比偏差: $\Delta GR(t) = c \cdot (GR_{virtual}(t) - GR_{CVT}(t))$, 其中 $\Delta GR(t)$ 是齿轮比偏差; $GR_{virtual}(t)$ 是虚拟固定齿轮比; $GR_{CVT}(t)$ 是CVT的当前齿轮比; 并且 c 是常数。

[0021] 在某些情况下,该方法包括根据以下而确定齿轮比偏差: $\Delta GR(t) = c(t) \cdot (GR_{virtual}(t) - GR_{CVT}(t))$, 其中 $\Delta GR(t)$ 是齿轮比偏差; $GR_{virtual}(t)$ 是虚拟固定齿轮比; $GR_{CVT}(t)$ 是CVT的当前齿轮比; 并且 $c(t)$ 是作为测量到的发动机负载的函数而变化的变量。

[0022] 在一些实施方式中,该方法包括根据以下而确定齿轮比偏差: $\Delta GR(t) = c(t) \cdot (GR_{virtual}(t) - GR_{CVT}(t))$, 其中 $\Delta GR(t)$ 是齿轮比偏差; $GR_{virtual}(t)$ 是虚拟固定齿轮比; GR_{CVT}

(t) 是 CVT 的当前齿轮比；并且 $c(t)$ 是作为测量到的加速器踏板位置的函数而变化的变量。

[0023] 在某些实施方式中，确定声音校正是否必要包括确定 ΔRPM 并不超出最大值 R_{max} ，并且确定 ΔVSP 超出最小值 V_{max} 。

[0024] 在一些示例中，确定是否需要声音校正包括确定 ΔRPM 超出最小值 R_{min} 。

[0025] 在某些示例中，虚拟固定齿轮比根据以下而被确定： $GR_{\text{virtual}}(t) =$

$$\begin{cases} GR_{\text{virtual}}(t-1), & \text{若需要校正且 } \Delta GR(t-1) < A \\ GR_{\text{CVT}}(t), & \text{否则} \end{cases}, \text{其中 } GR_{\text{virtual}}(t) \text{ 是虚拟固}$$

定齿轮比； $GR_{\text{virtual}}(t-1)$ 是在时间 $t-1$ 处确定的之前确定的虚拟固定齿轮比； $GR_{\text{CVT}}(t)$ 是 CVT 的当前齿轮比；并且参数 A 是可调的并且表示将触发齿轮变换（换档）的期望的对实际的齿轮比偏差。

[0026] 在一些情况下，虚拟 RPM 根据以下而被确定： $\text{RPM}_{\text{virtual}}(t) = GR_{\text{virtual}}(t) \cdot \text{VSP}(t) \cdot CR^{-1}$ ，其中 $\text{RPM}_{\text{virtual}}(t)$ 是虚拟 RPM； $GR_{\text{virtual}}(t)$ 是虚拟固定齿轮比； $\text{VSP}(t)$ 是车辆速度；并且 CR 是捕获 CVT 以外的固定传动比的常数。

[0027] 在某些情况下，该方法包括基于实际 RPM 而生成谐波消除信号的集合，该谐波信号是与实际 RPM 的谐波成比例的正弦波信号；处理谐波消除信号以产生经处理的谐波消除信号的集合；并且在车辆声音系统中，将经处理的谐波消除信号换能为声能，由此在车辆的客舱内产生发动机声音。

[0028] 在一些实施方式中，处理谐波消除信号包括，针对谐波消除信号的集合的每个谐波消除信号，利用自适应滤波器改变谐波消除信号的幅度和/或相位。

[0029] 在某些实施方式中，处理谐波消除信号包括，针对谐波消除信号的集合的每个谐波消除信号，作为测量到的发动机负载或加速器踏板位置的函数而调节谐波消除信号的幅度。

[0030] 在某些示例中，处理谐波信号包括针对谐波信号的集合的每个谐波信号，作为虚拟 RPM 的函数而应用对应的增益。

[0031] 针对谐波信号的集合的每个谐波信号，作为测量到的发动机负载或加速器踏板位置的函数而应用增益。

[0032] 在某些情况下，车辆装备有电动机，并且虚拟 RPM 随后可以基于车辆速度和预定义的虚拟齿轮比而被确定。

[0033] 在一些实施方式中，车辆是能够在内燃 (IC) 模式以及电动车 (EV) 模式操作的混合动力车辆。当在 EV 模式中操作时，虚拟 RPM 基于车辆速度以及预定义的虚拟齿轮比的第一集合而被确定，并且当在 IC 模式中操作时，虚拟 RPM 基于从混合动力车辆的内燃发动机测量到的实际 RPM、车辆速度、以及预定义的虚拟齿轮比的第二集合而被确定。

[0034] 在另一方面，一种方法包括：在装备有无级变速器 (CVT) 和车辆声音系统的车辆中，确定声音校正是否必要。如果声音校正不是必要的，那么该方法还包括基于测量到的实际 RPM 而生成谐波信号的集合，谐波信号是与实际 RPM 的谐波成比例的正弦波信号。如果声音校正是必要的，那么该方法还包括基于作为测量到的实际 RPM 和车辆速度的函数而随时间连续变化的无级变速器的当前齿轮比而确定虚拟固定齿轮比；在装备有车辆声音系统的车辆中，确定虚拟固定齿轮比；基于虚拟固定齿轮比而确定虚拟 RPM；基于虚拟 RPM 而生成谐

波信号的集合,该谐波信号是与虚拟RPM的谐波成比例的正弦波信号;处理谐波信号以产生经处理的谐波信号的集合;并且在车辆声音系统中,将经处理的谐波信号换能为声能,由此在车辆的客舱内产生发动机声音。即使当实际RPM保持恒定时,虚拟RPM随车辆速度而改变。

[0035] 各个实施方式可以包括以上和/或以下特征中的一个,或者其任意组合。

[0036] 在一些实施方式中,确定声音校正是否必要包括确定 Δ RPM并不超出最大值 R_{max} ,并且确定 Δ VSP超出最小值 V_{max} 。

[0037] 在某些实施方式中,确定是否需要声音校正进一步包括确定 Δ RPM超出最小值 R_{min} 。

[0038] 另外的方面具有方法特征,该方法包括在装备有车辆声音系统的车辆中,提供随时间增大的基频的谐波;以及通过换能受限频率范围中的谐波而经由车辆声音系统生成增大的声调。生成增大的声调包括随每个谐波接近频率范围的上限分别降低谐波的幅度,使得谐波随着其个别地到达频率范围的上限而变得不可听见。随着谐波中的一个谐波变得不可听见,谐波中的另一个谐波变得可听见。

[0039] 各个实施方式可以包括以上和/或以下特征中的一个,或者其任意组合。

[0040] 在一些实施方式中,基频表示随时间增大的测量到的实际车辆RPM。

[0041] 在某些实施方式中,车辆装备有电动机,并且基频表示电动机的实际RPM。

[0042] 在一些示例中,基频表示基于预定义的虚拟固定齿轮比的集合而被确定的虚拟RPM。

附图说明

[0043] 图1A是示例性发动机声音管理系统的框图;

[0044] 图1B是来自图1A的发动机声音管理系统的发动机谐波管理(EHX)子系统的框图。

[0045] 图2是图示了在发动机声音管理系统中使用的样本齿轮比映射的示例性绘图;

[0046] 图3是图示了一个示例性判据集合的表;以及

[0047] 图4是在发动机声音管理系统中使用的示例性控制RPM ($RPM_{control}$) 选择过程的流程图。

[0048] 图5A、5B和6是图示了变调的心理声学方法的声谱图。

具体实施方式

[0049] 本公开至少部分地基于以下现实,在包括无级变速器的车辆中,接收到的发动机声音可以与车辆的加速相关联,使得只要车辆加速发动机声调就增大。这可以通过在信号中引入控制声调(即发动机速度(RPM))的中断而被实现。该中断可以至少在RPM保持恒定时的加速周期期间被引入。

[0050] 该中断可以被认为像是由虚拟的、期望的RPM所引入,其对应于虚拟的、期望的动力系统(虚拟齿轮箱)。该虚拟齿轮箱被使用及调谐以用于实现车辆的声音中的期望变化。

[0051] 尽管附图的多个视图的要素可被示出并描述为在框图中的离散要素并可被称为“电路”,除非另有指明,这些要素可被实施为模拟电路、数字电路的一种或组合,或一个或多个执行软件指令的微处理器。该软件指令可包括数字信号处理(DSP)指令。通过模拟电路或通过微处理器执行运行与模拟操作数学或逻辑等效的软件,可以执行各种操作。除非另

有指明,信号线可以被实施作为离散模拟或数字信号线,作为具有处理信号的独立流的适当信号处理的单个离散数字信号线,或者作为无线通信系统的要素。一些处理可以描述在框图中。在每个框中执行的活动可以被一个要素或被多个要素执行,并且可以被时间分开。执行框的活动的要素可以被物理地分开。除非另有指明,信号可以被编码并且以数字或模拟的形式传输;在附图中常规的数模转换器或模数转换器可能为被示出。

[0052] 如在图1A中所示,示例性发动机声音管理系统100包括发动机控制单元(ECU)102,其操作地链接到车辆控制器区域网络(CAN)总线104。CAN总线104操作地链接到车辆声音控制模块106。发动机声音控制模块106操作地链接到车辆声音系统108。

[0053] ECU 102监视各种车辆发动机负载参数,诸如实际车辆速度(VSP)、实际发动机每分钟转速(RPM)等等。这些监视的参数中的一些参数,诸如车辆速度、发动机RPM和发动机状态参数例如可以由发动机声音控制模块106用作输入。

[0054] 发动机声音控制模块106通过消除一些谐波、增强其他谐波、以及生成新的谐波而使能发动机声音的变化,以这样的方式,感知到的发动机声音的声调改变。本公开描述了可以被用来驱动声音变化的控制算法。

[0055] 发动机声音控制模块106包括输入控制逻辑110以及发动机谐波管理(EHX)子系统112。输入控制逻辑110提供了表示控制RPM($RPM_{control}$)114的信号、表示控制参数116的信号、以及表示测量到的实际发动机RPM(RPM_{actual})118的信号作为到EHX子系统112的输入。基于从输入控制逻辑110接收到的输入由EHX子系统112产生的信号被定位在车辆内部的车辆声音系统108中的一个或多个扬声器换能为声能并且提供期望的声音体验。

[0056] 输入控制逻辑110包括提供如将在以下讨论的控制RPM($RPM_{control}$)114的虚拟齿轮箱及RPM计算模块120,以及提供控制参数116的负载处理模块122。

[0057] 发动机声音控制模块106、输入控制逻辑110、虚拟齿轮箱及RPM计算模块120、负载处理模块122、以及EHX子系统112中的所有或一些可以被实施为由一个或多个微处理器或DSP芯片(其可以是放大器的部件)执行的软件指令。

[0058] EHX子系统112包括发动机谐波生成(EHG)模块124、声级控制模块126以及发动机谐波消除(EHC)模块128。EHG模块124从虚拟齿轮箱及RPM计算模块120接收控制RPM 70。EHG模块124、声级控制模块126、以及EHC模块128中的所有或一些可以被实施为由一个或多个微处理器或DSP芯片(其可以是放大器的部件)执行的软件指令。

[0059] 参照图1B,EHG模块124包括谐波生成器130以用于生成与控制RPM的某些谐波(即基频中的可能包括非整数谐波的谐波)成比例的正弦波信号。谐波生成器130针对每个谐波确定及输出两个参数。为了确定第一参数,谐波生成器130通过将基频乘以每个谐波的阶而计算针对控制RPM的每个谐波的频率,并且以该频率输出正弦波信号。为了确定第二参数,谐波生成器130将基频转换为对谐波波形的指数,即,随着声压级(SPL)根据RPM而变化,该指数确定针对每个谐波的SPL。通常,谐波波形被表达为查找表(LUT)。可替代地,谐波波形可以根据公式被计算或近似。

[0060] EHG模块124还包括针对所生成的每个谐波的谐波波形确定器132(出于简便仅示出一个)以及谐波增益134(出于简便仅示出一个)。谐波波形确定器132通常被实施为频率到增益查找表(LUT),其使得每个谐波的声音级能够取决于频率。可替代地,谐波波形可以根据公式被计算或近似。该波形控制输出了增益,其调节对应的谐波的声级。产生的谐波信

号生成了匹配期望目标的声级。为了实现该目标,查找表必须归于固有谐波声级、目标谐波声级、以及车辆声音系统的传递函数。

[0061] 基于来自谐波波形LUT 132的输入以及针对由谐波生成器130确定的每个谐波频率的正弦波瞬时值,谐波增益134(出于简便仅示出一个)向每个谐波信号应用个体谐波特定增益。EHG模块124还可以包括其他谐波增益136,其可被利用以用于基于负载而调节个体谐波信号的相应的声级。

[0062] 增益调节的谐波信号随后被提供至车辆声音系统108并通过扬声器被换能至声能。在一些情况下,增益调节的谐波信号可以被合并到谐波控制信号中,并且谐波控制信号被提供至车辆声音系统108。当控制RPM对应于实际发动机RPM时,EHG模块50将提供实际发动机RPM的某些谐波的发动机谐波增强。当控制RPM是虚拟RPM时,如将在以下讨论的,EHG模块50将生成与虚拟RPM的某些谐波成比例的正弦波信号。

[0063] 谐波生成器130、谐波波形确定器132、谐波增益132、以及其他谐波增益134中的所有或一些可以被实施为由一个或多个微处理器或DSP芯片(其可以是放大器的部件)执行的软件指令。

[0064] EHC模块128从输入控制逻辑110接收测量到的实际发动机RPM118(即,表示测量到的实际发动机RPM的信号)。EHC模块128包括谐波消除参考信号生成器138以用于生成谐波消除信号,其是与测量到的实际发动机RPM (RPM_{actual}) 的某些谐波成比例的正弦波参考信号。

[0065] 基于来自安装在车辆的客舱中的一个或多个麦克风142(示出一个)的输入,EHC模块128还包括自适应滤波器140以用于修改个体谐波消除信号的相应的相位和/或幅度,从而生成修改的谐波消除信号以最小化在一个或多个麦克风142处检测到的信号。

[0066] 每个自适应滤波器140使得泄漏调节器144(示出一个)、系数计算器146、舱滤波器148以及控制块150与其关联。出于简便,仅示出了单个自适应滤波器140、泄漏调节器144、系数计算器146、舱滤波器148以及控制块150;然而,这些元件可以针对待被消除或减小的每个谐波被复制并被用来生成及修改降噪信号。

[0067] 控制块150控制关联的谐波消除元件的操作,例如通过激活或去激活EHC模块128或通过调节噪声衰减的量。舱滤波器148模型及补偿传递函数,该传递函数具有一些电声元件与EHX子系统112在其中操作的环境的合并效果的特征,这些电声元件例如为(多个)扬声器、(多个)麦克风142。自适应滤波器140、泄漏调节器144、以及系数计算器146重复且递归地操作以提供滤波器系数的流从而修改个体谐波消除信号。用于由系数计算器使用的合适的自适应算法可以在Simon Haykin的第四版Adaptive Filter Theory (ISBN 013091261)中找到。泄漏调节器144选择待由系数计算器146中对应的一个系数计算器应用的泄漏因数。泄漏因数是当现存的系数值由更新量所更新时在自适应滤波器140中的对应的一个自适应滤波器中应用到现存的系数值的因数。关于泄漏因数的信息可以在Simon Haykin的第四版Adaptive Filter Theory (ISBN 013091261)的13.2节中找到。

[0068] 修改的谐波消除信号随后被提供至车辆声音系统108并通过扬声器被换能至声能。在一些情况下,在被提供至车辆声音系统108之前,修改的谐波消除信号可以与彼此合并和/或与增益调节谐波信号合并。

[0069] 谐波消除参考信号生成器138、自适应滤波器140、泄漏调节器144、系数计算器

146、舱滤波器148、以及控制块150中的所有或一些可以被实施为由一个或多个微处理器或DSP芯片(其可以是放大器的部件)执行的软件指令。

[0070] 用于实现自然的声级,可能有利的是处理用于控制发动机声音的声级(例如,增强或消除)的负载信息。

[0071] 在这方面,负载处理模块122从车辆CAN总线104接收表示发动机负载的输入信号并且将其转换为提供至声级控制模块126的控制参数116。

[0072] 负载处理模块122被用于确定固有发动机声级以恰当地平衡声音增强。出于至少两个原因,表示发动机负载的信号很好地适用于控制声音增强水平。第一,随着正发动机负载增大,总发动机噪声水平单调增大。第二,当发动机推进传动时,新谐波的生成和/或增强通常仅对于正发动机负载是理想的。当传动推进发动机(也称为发动机制动)时发生负发动机负载。虽然在发动机制动期间可能由固有发动机噪声的高声级,噪声消除对该情况可能是期望的,但显著的声音增强(包括新谐波的生成)几乎不是期望的。

[0073] 车辆CAN总线104通常将使得与发动机负载很好地相关并且可以模拟或数字形式可用于的负载处理模块122的以下信号中的几个信号可用,这些信号例如为加速器踏板位置(APP);油门位置传感器(TPS);空气流量(MAF);歧管绝对压力(MAP);发动机扭矩;和/或计算的发动机负载。

[0074] 负载处理模块122可以将输入信号从原生数据形式转换为对EHX子系统112更有用的形式。例如,如果发动机负载信号表示发动机扭矩,负载处理模块122可以将扭矩测量结果转换为发动机负载测量结果。发动机负载可以被表达为指数;例如,最大发动机负载可以被表达为从1至100的数字。类似地,可替代或附加地,负载处理模块122可以将其他参数值信号从原生形式转换为对EHX子系统112更有用的形式。

[0075] 声级控制模块126接收来自负载处理模块122的作为输入的控制参数116。基于来自负载处理模块122的输入,声级控制模块126确定待由对应的谐波增益136应用的增益,由此取决于发动机负载提供不同的谐波波形。来自声级控制模块126的输入还可以被用在EHC模块128的控制环路中,以可能用于调节由泄漏调节器144提供的泄漏因数或者用于由系数计算器块146利用。在后一情况下,在系数更新算法中使用的误差将相对于预定义谐波波形而被计算,其可以基于从声级控制模块126接收到的输入而被缩放。

[0076] 在信号中用于谐波生成或消除的所有突变可以被平滑或逐渐引入,以便于避免声域中的失真。

[0077] 基于针对车辆的期望的发动机声音,可以预定义要在虚拟齿轮箱定义及RPM计算模块120和针对每个被EHX子系统112生成、增强或消除的谐波的声音目标内使用的齿轮比。

[0078] 当车辆加速但发动机RPM保持恒定时,存在多种方式来改变发动机声音、来引致感知到的这样的声音的声调的变化。例如,第一种方法是使用虚拟RPM(RPM_{virtual})来控制感知到的声调变化。该虚拟RPM基于具有固定齿轮比的虚拟齿轮箱。

[0079] 第二中方法是使用控制RPM(RPM_{control}),其在虚拟RPM与实际发动机RPM(RPM_{actual})之间交替,从而控制感知到的发动机声调的变化。虚拟RPM基于具有固定齿轮比的虚拟齿轮箱。当被用来控制发动机的声音时,控制RPM仅当实际发动机RPM保持相对恒定时使用虚拟RPM。在所有其他条件下,控制RPM是实际发动机RPM。

[0080] 第三中方法是使用控制RPM,如上所述,其使用虚拟RPM和实际发动机RPM两者,但

用依时性离散齿轮比而不是预定义虚拟固定齿轮比而计算虚拟RPM。

[0081] 通过虚拟RPM控制的变调

[0082] 在第一方法中,虚拟RPM (RPM_{virtual}) 在虚拟齿轮箱定义及RPM计算模块120中被计算并且是用来引入感知到的发动机声音的声调中的变换而不管实际发动机RPM的单条信息。在该情况下,向EHX子系统112提供的控制RPM对应于虚拟RPM。

[0083] 例如,当前的CVT齿轮比 GR_{CVT} 可以被定义为:

$$[0084] \quad GR_{\text{CVT}}(t) = \frac{RPM_{\text{actual}}(t)}{VSP(t)} \cdot CR \quad (1)$$

[0085] 其中 t 是时间并且 CR 是捕获齿轮箱之外的所有固定传动比的常数,该固定传动比诸如为后差分传动比、轮胎周长等等。 GR_{CVT} 齿轮比随时间连续变化。

[0086] 车辆制造者可以预定义固定齿轮比的集合,虚拟齿轮箱定义及RPM计算模块120可以将车辆CVT齿轮比 (GR_{CVT}) 映射到固定齿轮比的该集合。例如,如果 $f(\cdot)$ 是映射函数, c 是常数,虚拟齿轮比 $GR_{\text{virtual}}(t)$ 可以被计算如下:

$$[0087] \quad GR_{\text{virtual}}(t) = c \cdot f(GR_{\text{CVT}}(t)) \quad (2)$$

[0088] 该映射函数随后可以被表达为:

$$[0089] \quad f(GR_{\text{CVT}}(t)) = \begin{cases} gr_1 & , \text{若} & th_1 \leq GR_{\text{CVT}}(t) \\ gr_2 & , \text{若} & th_2 \leq GR_{\text{CVT}}(t) \leq th_1 \\ \vdots & \\ gr_N & , \text{若} & GR_{\text{CVT}}(t) \leq th_N \end{cases} \quad (3)$$

[0090] 其中 $\{gr_N\}$ 是固定虚拟齿轮比的集合,并且 $\{th_N\}$ 是预定义齿轮比阈值的集合。在一些情况下,常数 c 可以被设定至一。在调谐过程中,其可以被用作缩放齿轮比的简单方式而不改变阈值 th_x (若期望)。常数 c 控制虚拟RPM在其处增大的斜率。

[0091] 虚拟RPM即 $RPM_{\text{virtual}}(t)$ 可以随后通过虚拟齿轮箱及RPM计算模块120计算为:

$$[0092] \quad RPM_{\text{virtual}}(t) = GR_{\text{virtual}}(t) \cdot VSP(t) \cdot CR^{-1} \quad (10)$$

[0093] 在该示例中,虚拟RPM计算系基于预定义的、虚拟的、齿轮比的集合。这些齿轮比的值在发动机声音控制模块106内是由车辆制造者可调谐的以实现期望的发动机声音。表示虚拟RPM的信号被提供至EHG模块124,其生成与虚拟RPM的谐波成比例的正弦波参考信号。谐波信号随后可以经由车辆声音系统108中的扬声器而被换能为声能,由此经由车辆声音系统108在舱中产生发动机声音。

[0094] 如在图2中所示,示例性绘图200图示了使用以上所述的原理的样本齿轮比映射。绘图200标绘了齿轮比210对时间212。齿轮比210值的范围从低至0.2到高至2.0。预定义的齿轮比阈值214a-g被示出为点线,从时间=0至时间=35。随时间212增大,实际齿轮比216最初增大并随后减小,而虚拟齿轮比218在增大和减小时保持更加恒定,这显示了与手动齿轮箱相似的更加阶状的渐进。在CVT发动机中,实际齿轮比216随时间连续变化。

[0095] 通过交替控制RPM控制的变调

[0096] 如在以上提及的,变调可以使用在计算的虚拟RPM与实际的测量到的发动机RPM (RPM_{actual}) 之间交替的控制RPM而被控制,而不是单独使用虚拟RPM。在该方法中,虚拟齿轮箱定义及RPM计算模块120可以包括控制RPM选择逻辑,其根据包括驾驶情况和实际发动机

参数的判据的集合而在实际发动机RPM (RPM_{actual}) 与虚拟RPM ($RPM_{virtual}$) 之间交替控制RPM。一个示例性的判据集合在图3中的表1中所示。在表1中, VSP表示实际车辆速度。判据集合表示虚拟齿轮箱定义及RPM计算模块120随着VSP保持恒定、增大或减小以及随着发动机RPM增大、减小或保持恒定而如何确定控制RPM。例如, 如在表1中所见, 主CVT发动机声音问题通常与VSP增大以及RPM保持恒定相关联。当这发生时, 虚拟齿轮箱定义及RPM计算模块120将控制RPM设置为虚拟RPM。控制RPM被提供至EHX子系统112。

[0097] 在其他示例中, 在实际发动机RPM或车辆速度的变化率可以被用来改进性能。此外, 发动机负载条件可以被列入考虑。

[0098] 如在图4中所示, 实施图3的表1中所示的确定的、位于虚拟齿轮箱定义及RPM计算模块120中的示例性控制RPM选择过程400包括确定402实际RPM (ΔRPM) 的变化是否大于预定义最大 R_{max} 。如果 ΔRPM 大于 R_{max} , 车辆RPM正在增大, 并且过程400设置404控制RPM等于实际RPM。

[0099] 如果 ΔRPM 小于 R_{max} , 过程400确定406是否 ΔRPM 大于预定义最小速率 R_{min} 。

[0100] 如果 ΔRPM 小于预定义最小速率 R_{min} , 实际RPM正在减小, 并且过程400确定408是否实际车辆速度 (ΔVSP) 的变化大于预定义的最大车辆速度 V_{max} 。

[0101] 如果 ΔVSP 小于 V_{max} , 实际车辆速度并不正在增大, 并且过程400设置410控制RPM等于实际RPM。

[0102] 如果 ΔVSP 大于 V_{max} , 实际车辆速度正在增大, 并且过程400设置412控制RPM等于虚拟RPM ($RPM_{virtual}$)。

[0103] 如果过程400确定406了 ΔRPM 大于 R_{min} , RPM是恒定的并且过程400确定414是否 ΔVSP 大于 V_{max} 。

[0104] 如果 ΔVSP 小于 V_{max} , 车辆速度正在减小, 并且过程400设置416控制RPM等于实际RPM。如果 ΔVSP 大于 V_{max} , 实际车辆速度正在增大, 并且过程400设置418控制RPM等于虚拟RPM。

[0105] 对于控制RPM选择过程400重要的是排除RPM中的突增, 因为这样的行为并不在实际车辆中发生。RPM中的突降是可允许的, 因为其对应于向上换档。

[0106] 通过使用依时性离散齿轮比交替控制RPM控制的变调

[0107] 以上描述的固定齿轮比映射的一个可替代示例是当需要发动机声音校正时冻结当前CVT齿轮比。即, 当需要发动机声音校正的确定做出时, 虚拟固定齿轮比可以在时间 (t_0) 处被设定至当前齿轮比的瞬时值 $GR_{CVT}(t_0)$ 。有关是否需要声音校正的确定可以通过以上相对于图4描述的控制RPM选择过程而被做出, 在该控制RPM选择过程中, 当需要声音校正时控制RPM被设定为虚拟RPM。如果齿轮比被固定, 虚拟RPM ($RPM_{virtual}$) 随车辆速度增大而增大, 因而以感知到的声调正在增大的这种方式产生发动机声音。当齿轮比变化超出齿轮比虚拟偏差值时, 齿轮比被设定回实际齿轮比值。虚拟齿轮比 (GR) 与CVT GR的齿轮比偏差可以被定义为:

$$[0108] \quad \Delta GR(t) = c \cdot \frac{GR_{virtual}(t) - GR_{CVT}(t)}{GR_{virtual}(t)} \quad (5)$$

[0109] 其中 c 是常数。该齿轮比偏差可以被用来引入虚拟齿轮比时间演进的突然步进。

$$[0110] \quad GR_{virtual}(t) = \begin{cases} GR_{virtual}(t-1), & \text{如果需要校正且 } \Delta GR(t-1) < A \\ GR_{CVT}(t), & \text{否则} \end{cases} \quad (6)$$

[0111] 参数A是可调谐的并且表示触发齿轮变换的虚拟对实际齿轮比偏差。

[0112] 对以上的可替代方式是使用固定齿轮比偏差：

$$[0113] \quad \Delta GR(t) = c \cdot (GR_{desired}(t) - GR_{CVT}(t)) \quad (7)$$

[0114] 其中c是常数,其可以如以上讨论地被选择。

[0115] 声调由其变换的速率可以被改变,这不仅基于车辆的速度,也基于负载。在该方法中,以上描述的映射函数通过利用发动机负载或车辆加速改变常数c而变化。因而在等式(2)、(5)和(7)中c变成变量c(t),其作为实际发动机负载的函数变化：

$$[0116] \quad c(t) = f(\text{EngineLoad}(t)) \quad (8)$$

[0117] 其是驾驶者的意图,即加速器位置：

$$[0118] \quad c(t) = f(\text{AcceleratorPosition}(t)) \quad (9)$$

[0119] 或者两者的结合：

$$[0120] \quad c(t) = f(\text{EngineLoad}(t), \text{AcceleratorPosition}(t)) \quad (10)$$

[0121] 在最简单的情况下,函数f(•)将是线性函数。

[0122] 针对CVT声音控制的其他可能的应用

[0123] 以上描述的算法可以被用在编程实际CVT的操作模式,因而获得发动机声音中期望的变调。在该情况下,基于实际发动机RPM的EHC和EHE的使用可能足以控制客舱内的总体声音。如果需要,感知变调技术仍然可以被使用。

[0124] 附加地,以上描述的技术可以被适配于电动车和/或在电动模式行进的混合动力车。

[0125] 当应用之前描述的声音控制技术在电动车中时,虚拟RPM可以基于车辆速度(VSP)和预定义的虚拟齿轮比而被确定。

[0126] 最小RPM和最大RPM可以被定义。最小RPM和最大RPM随后可以被用作虚拟齿轮箱中的变换点。在一些情况下,最小RPM和最大RPM可以随时间恒定。

[0127] 针对电动车的虚拟齿轮随后可以被计算如下：

[0128] 其中

[0129]

$$GR_{virtual}(t) = \begin{cases} gr_{i+1}, & \text{若 } RPM_{virtual}(t-1) \geq RPM_{max} \\ gr_{i-1}, & \text{若 } RPM_{virtual}(t-1) \leq RPM_{min} \\ gr_i, & \text{若 } RPM_{min} < RPM_{virtual}(t-1) < RPM_{max} \\ gr_1, & \text{若 } RPM_{virtual}(t-1) \leq RPM_{min}, \text{ and } GR_{virtual}(t-1) = gr_1 \end{cases} \quad (11)$$

[0130] 在任何时间,如果VSP=0,虚拟齿轮将被切换至中性,其将导致 $GR_{virtual}(t) = 0$ 。即,对于VSP=0,虚拟齿轮箱将处于中性,使得齿轮比 gr_0 为0。在该情况下, $RPM_{virtual}(t) = 0$ 。一旦车辆开始移动,并且VSP>0,虚拟齿轮箱将变换至第一齿轮,其具有 gr_1 的齿轮比。

[0131] 在一些情况下,最小和最大RPM阈值可以随时间变化,并且可以基于车辆加速而增大及减小。如果加速高,RPM阈值将会高,如果加速减小,RPM限制将会更低。

[0132] 针对电动车的虚拟RPM($RPM_{virtual}$)随后可以根据以上的等式(4)(即, $RPM_{virtual}(t)$)

$=GR_{\text{virtual}}(t) \cdot VSP(t) \cdot CR^{-1}$) 而被计算。虚拟RPM随后可以被提供为到EHX子系统的EHG模块的输入(如上所述)。基于从输入控制逻辑接收到的输入和虚拟RPM由EHX子系统产生的信号被定位在车辆内部的车辆声音系统中的一个或多个扬声器换能为声能并且提供期望的声音体验。

[0133] 在一些情况下,电动机的实际RPM可以被提供到EHX子系统的EHC模块。可替代地,在一些情况下,电动车可以不利用EHC模块。

[0134] 混合动力车辆中的这些技术的应用使得当车辆在内燃(IC)模式与电动车模式(EV)两者操作时能够产生连续的声音。在EV模式中,EHG模块将在虚拟RPM上操作,该虚拟RPM可以基于车辆速度和预定义虚拟齿轮比(例如,如在等式11中提供的预定义虚拟齿轮比的第一集合)计算,如以上关于电动车辆所讨论的。在IC模式中,如果声音校正并非必要,EHG模块可以在实际发动机RPM(即,从内燃机测量到的)上操作;或者,如果声音校正是必要的,那么EHG模块可以在虚拟RPM上操作,该虚拟RP可以根据以上等式(1)至(4)、基于内燃机的测量到的实际RPM、车辆速度和预定义虚拟齿轮比(例如,如在等式4中提供的预定义虚拟齿轮比的第二集合)而被确定。

[0135] 针对在EV模式中操作的电动车辆或混合动力车辆,负载处理模块可以接收表示加速器踏板位置的信号并将其转换为可以被提供至声级控制模块的控制参数。

[0136] 变调的心理声学方法

[0137] 在本文中描述的控制算法可以被用来基于声调循环感知而驱动变调。在一种方法中,声调可以通过操纵恒定频率谐波而被变换。例如,如果信号 $x(t)$ 是基频的谐波之和,那么为了变换感知到的声调,偶谐波或奇谐波可以在期望变调的点处被逐渐断续(例如,通过由EHC模块消除那些谐波)。

[0138] 该方法针对偶谐波510的断续在图5A的声谱图500A中图示,并且针对奇谐波512的断续在图5B的声谱图500B中图示。在图5A和5B中图示的示例示出了基本上恒定的基频的某些谐波,诸如将会是当RPM趋平(即使车速继续变化)时的情况。被断续的谐波可以经由EHC模块128被消除。因而,在一些情况下,在感知到的声调中的变换可以经由谐波消除本身而被实现。

[0139] 可替代地或附加地,在感知到的声调中的变换可以通过在现存的谐波中加入谐波而被引致。EHG模块可以被利用来生成在必要的声级的谐波以引致感知到的变调。

[0140] 可替代地或附加地,通过增强基频的某些谐波,如偶谐波或每个全阶谐波,发动机谐波增强(EHE)可以被用于相同的目的。目的是产生在相邻谐波之间的特定比率,因而产生感知到的声调中的变换。

[0141] 在又一方法中,如在图6的声谱图600中图示的,永远增大的声调可以通过在受限频率范围中的谐波而被实现。图6的声谱图600示出了增大频率的正弦波610的集合。当正弦波610的频率达到上预设频率限制时,该正弦波的幅度开始下降,直到其完全消失。关于正弦波610终止播放的时间,低频率的新的正弦波610将开始播放。该新的正弦波将在频率上增大,直到其达到最大,在该处其将在声级上逐渐减小,直到其变得不可听见。只要期望,该过程继续。

[0142] 正弦波610是随时间增大的基频的谐波。如在本文中使用的“谐波”可以包括分数阶(例如,半谐波或四分之一谐波)或全阶谐波。基频例如可以表示如上所述的虚拟RPM,或

随时间增大的实际车辆RPM。

[0143] 在图6中图示的该技术例如可以用于装备有电动机的车辆,在该情况下基频可以表示电动机的实际RPM。例如,基频可以从来自电动机的实际测量到的RPM确定。在一些情况下,电动机可以直接驱动车辆的车轮,使得车速随电动机的RPM线性变化,在该情况下基频可以基于测量到的车速而被计算。

[0144] 表示基频的信号可以是诸如以上相对于图1B所描述的发动机谐波生成模块以的输入,并且注入以上相对于图1B描述的声级控制模块可以被用来调节应用至基频的个体谐波的相应的增益(例如,基于诸如加速器踏板位置之类测量到的车辆参数),使得个体谐波仅在期望的频率范围上被再现。

[0145] 虽然以上描述了由某些示例执行的特定操作次序,应当理解的是,这样的次序是示例性的,而可替代示例可以以不同次序执行操作、结合某些操作、重叠某些操作等等。在本说明书中对给定示例的参考指示所述示例可以包括特定的特征、结构或特性,但每个示例可以不必包括特定特征、结构或特性。

[0146] 虽然系统的给定部件已经分别进行了描述,本领域技术人员将理解,多个功能中的一些功能可以在给定指令、程序序列、代码部分等中被组合或共用。

[0147] 以上的描述并不代表与本公开一致的所有可能示例的或所述示例的所有可能变化的详尽清单。若干示例已经被描述。然而,将理解的是,可以做出各种修改方式而不偏离本文描述的系统、设备、方法和技术的精神和范围。相应地,其他示例均在权利要求书的范围以内。

[0148] 若干示例已经被描述。然而,将理解的是,可以做出附加的修改而不偏离本文描述的发明构思的范围,并且相应地,其他示例也处于以下权利要求书的范围以内。

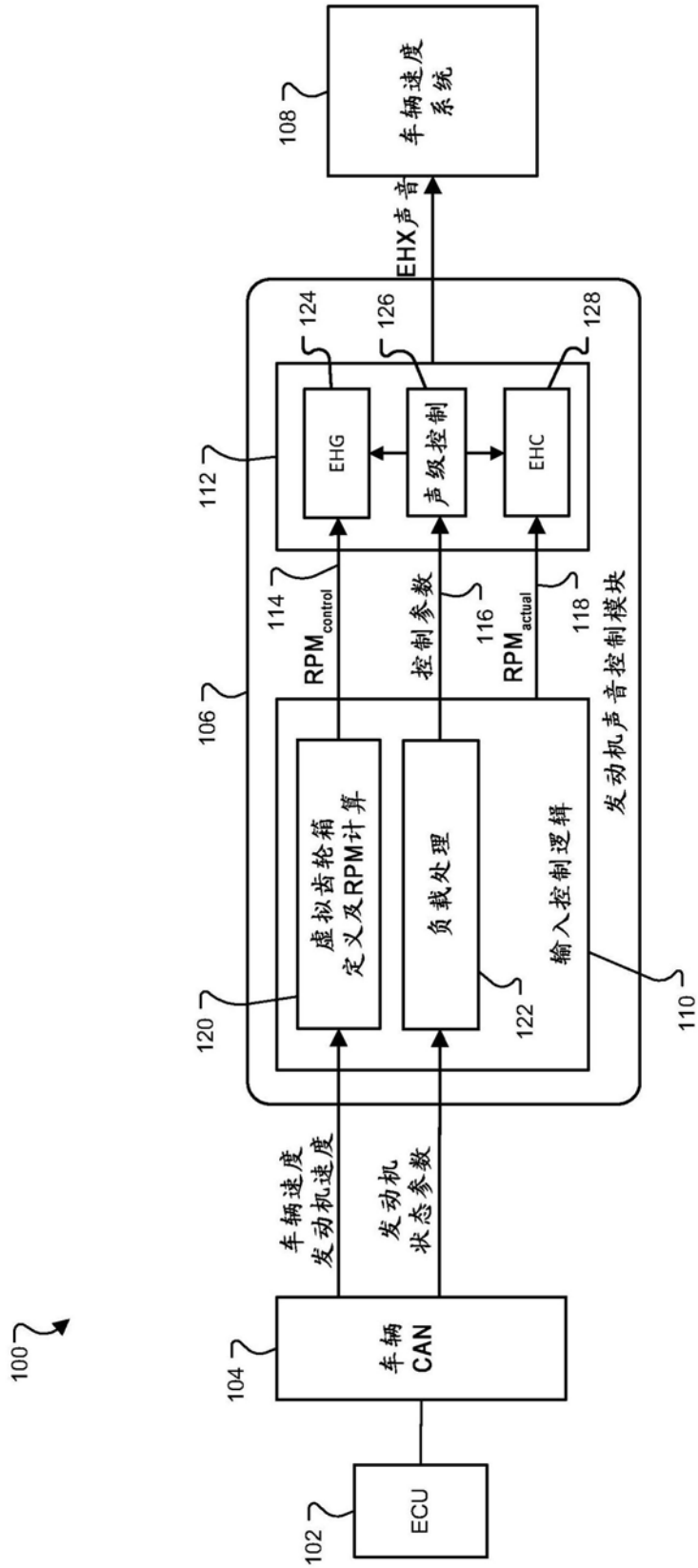


图1A

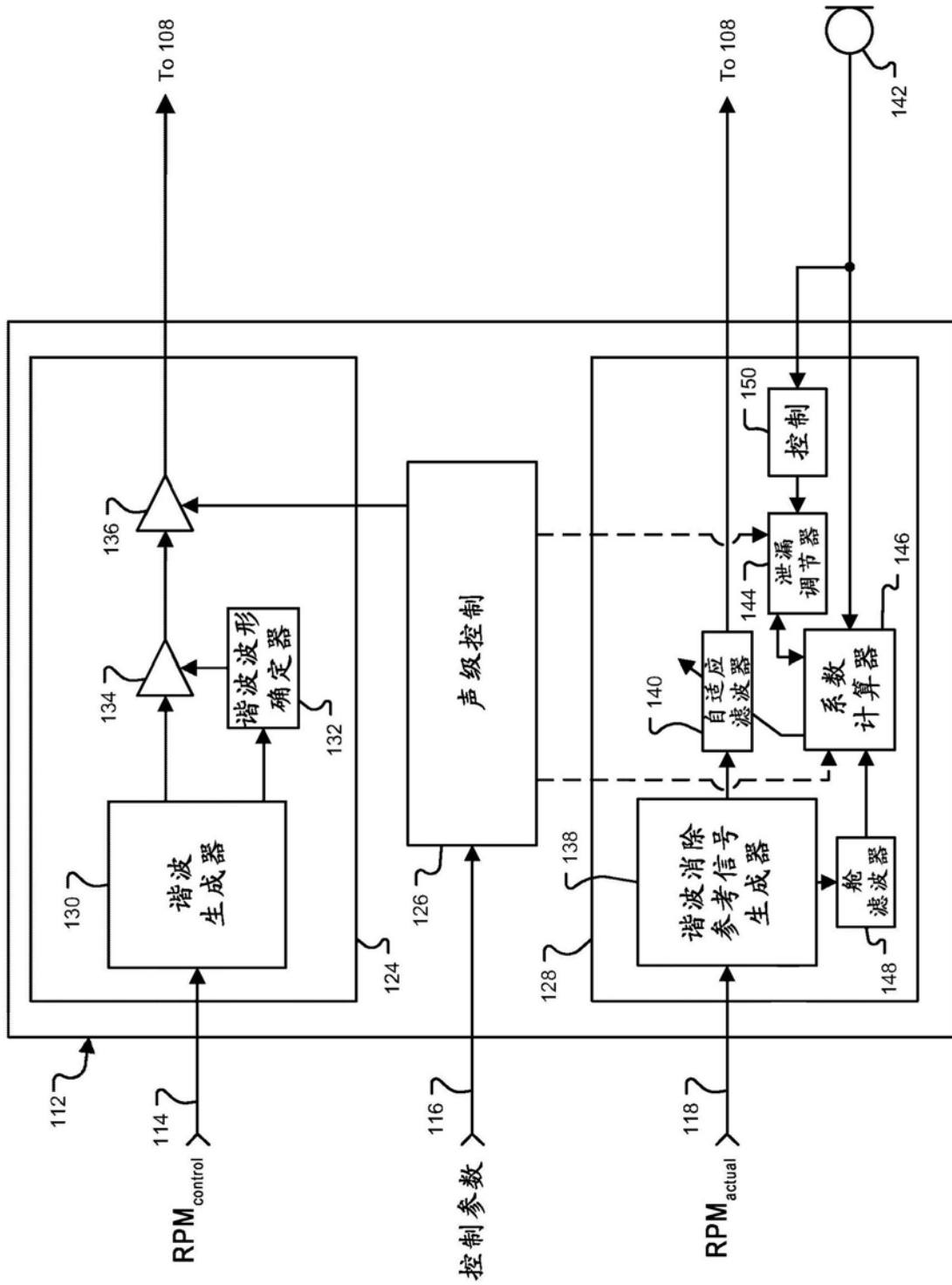


图1B

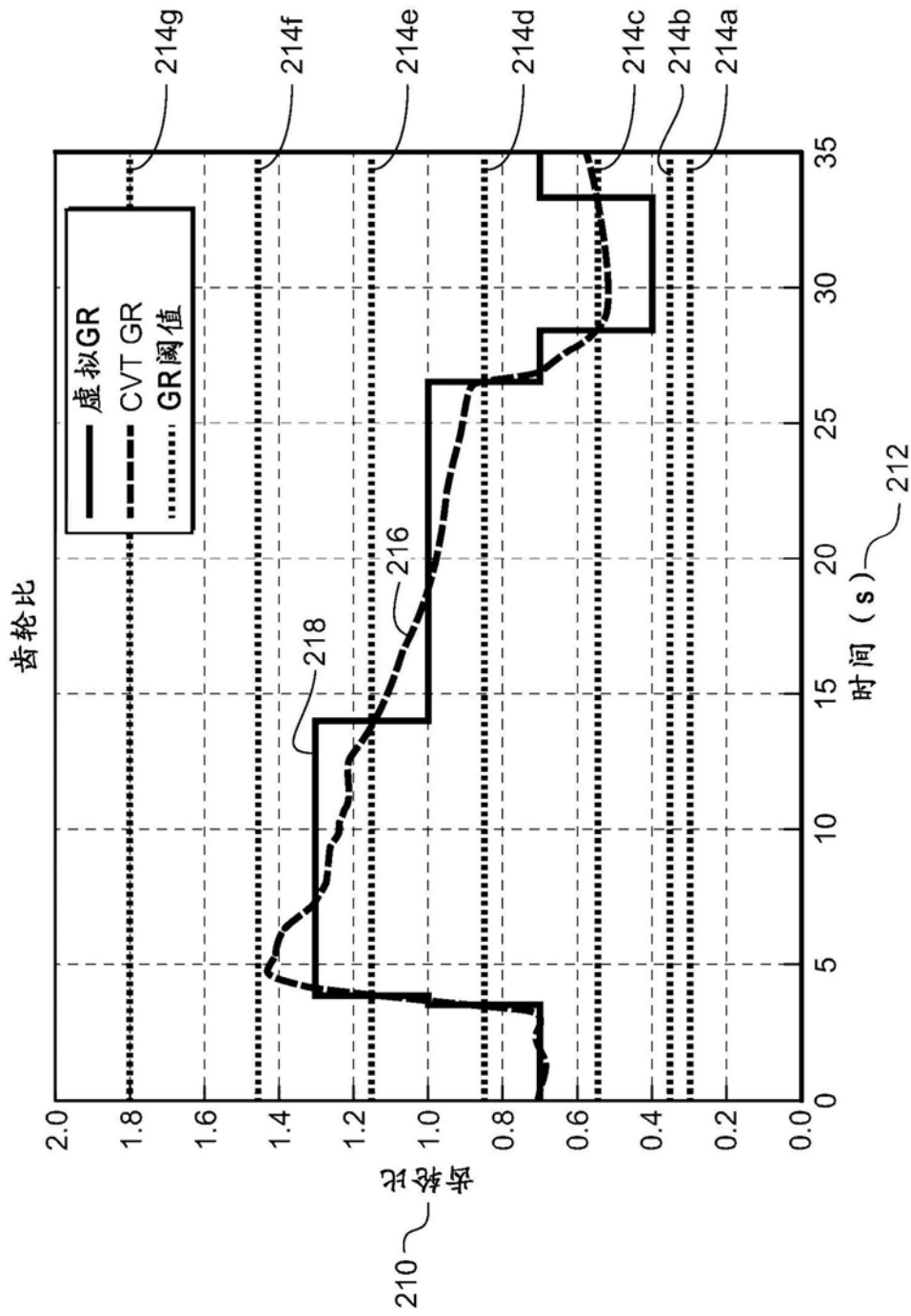


图2

表1

| | RPM增 | RPM恒定 | RPM减小 |
|-------|------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| VSP增大 | 普通加速 控制RPM=实际RPM | 主CVT声音问题 变换声调 控制RPM=虚拟RPM | 声音问题: 变换声调 控制RPM=虚拟RPM |
| VSP恒定 | 等效于向下换档 控制RPM=实际RPM | 巡航 控制RPM=实际RPM | 等效于向上换档 控制RPM=实际RPM |
| VSP减小 | 等效于向下换档 控制RPM=实际RPM | 爬坡驾驶, 高负载 控制RPM=实际RPM | 减速, 低负载 控制RPM=实际RPM |

图3

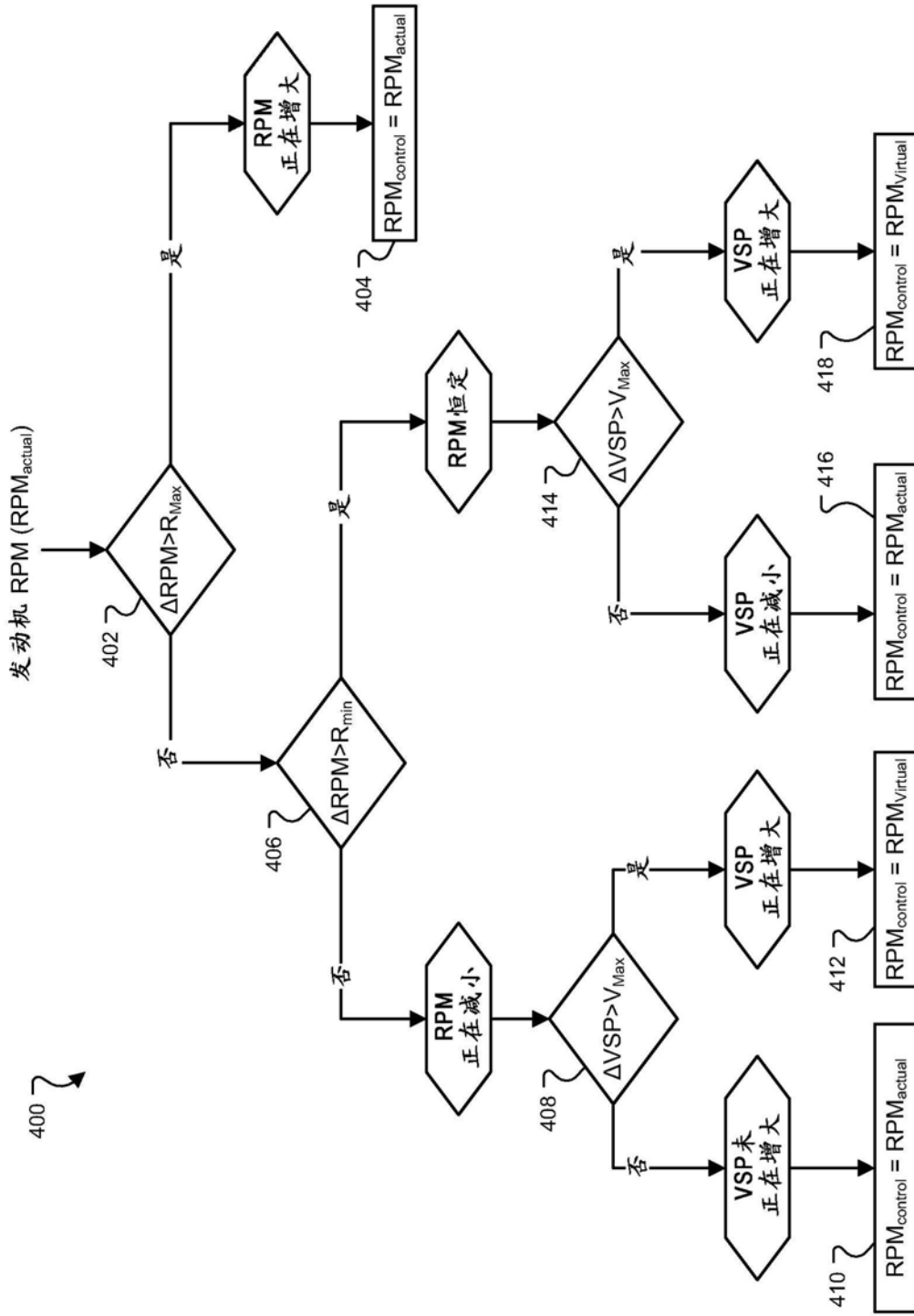


图4

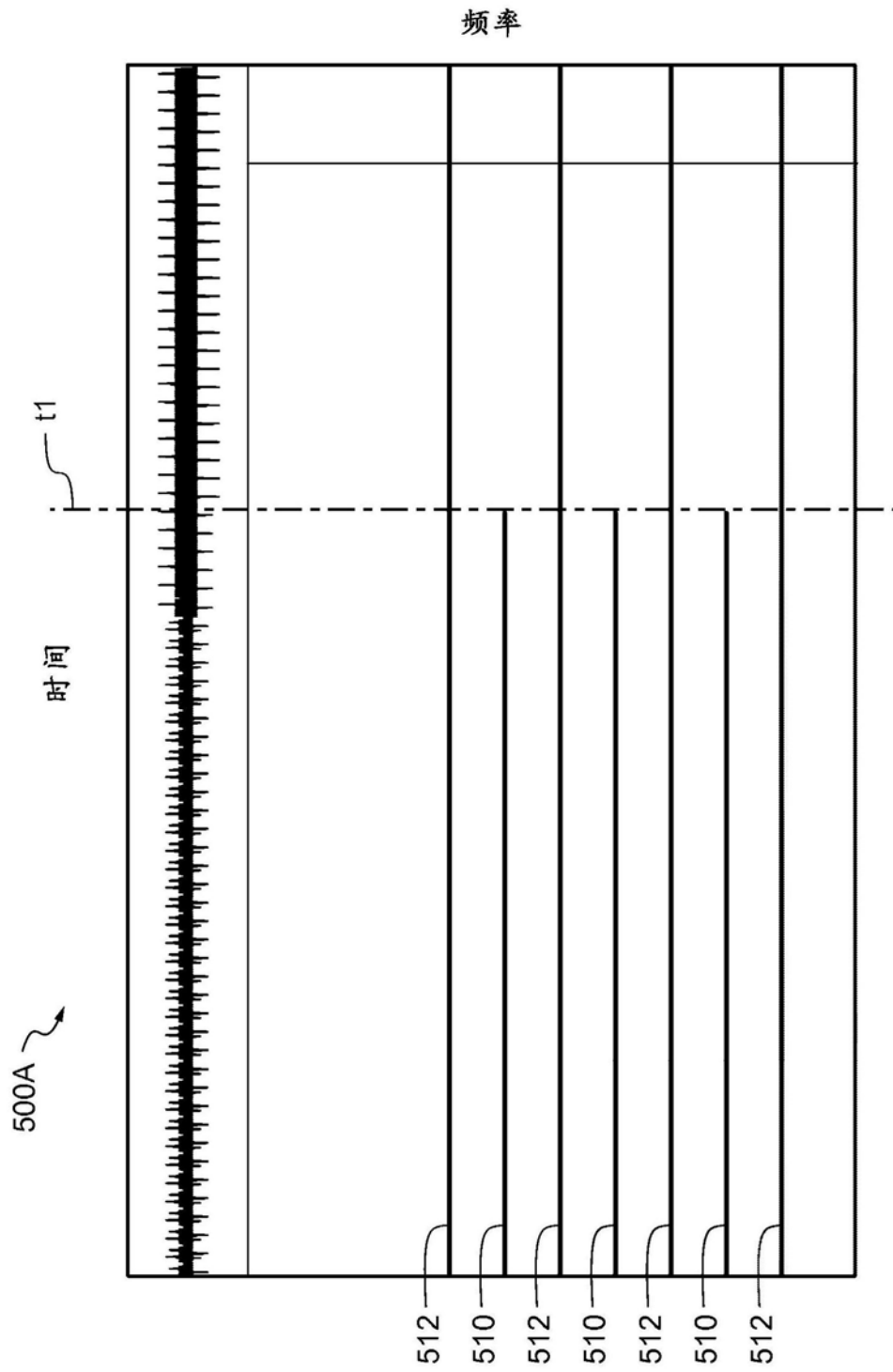


图5A

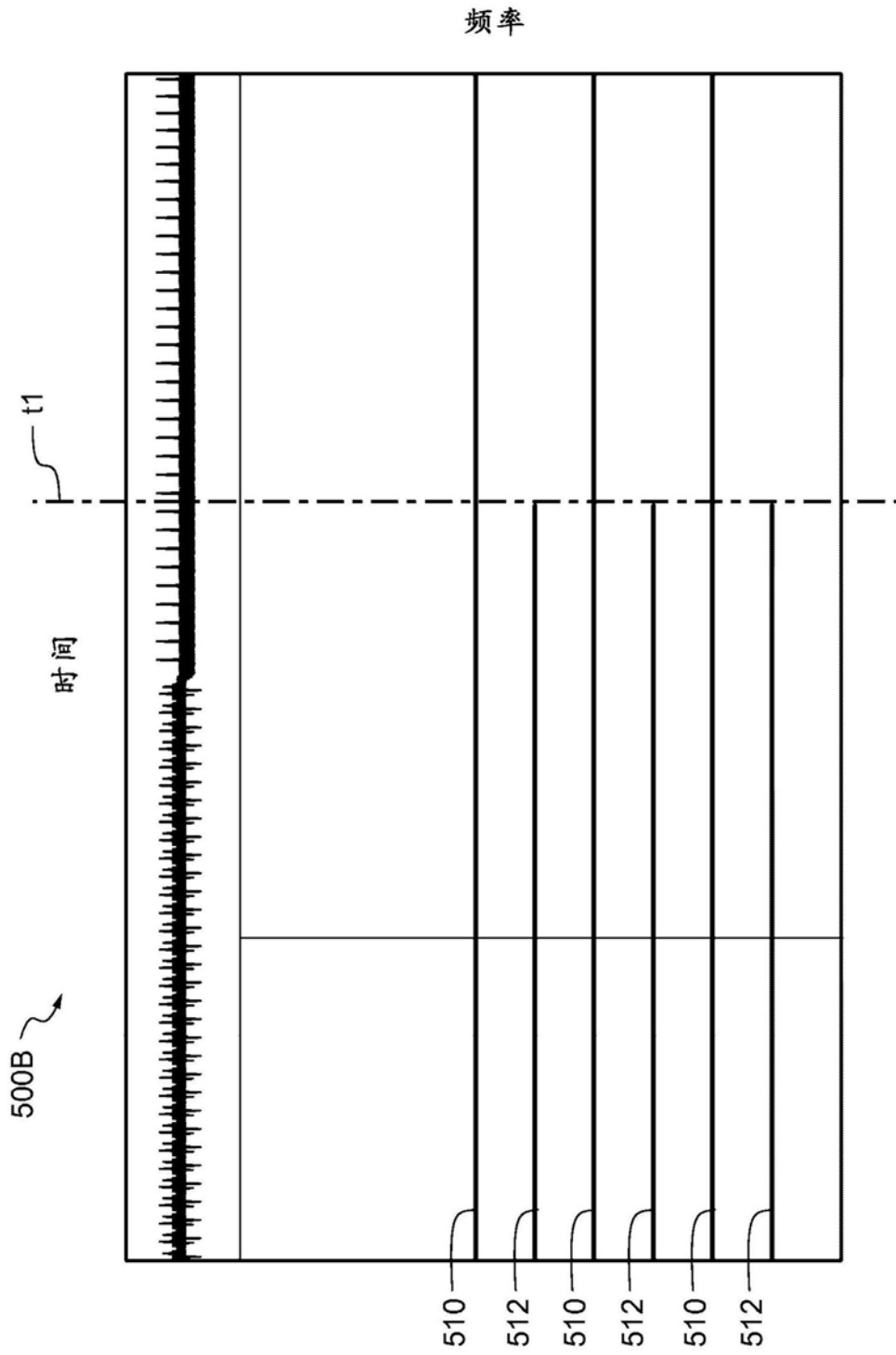


图5B

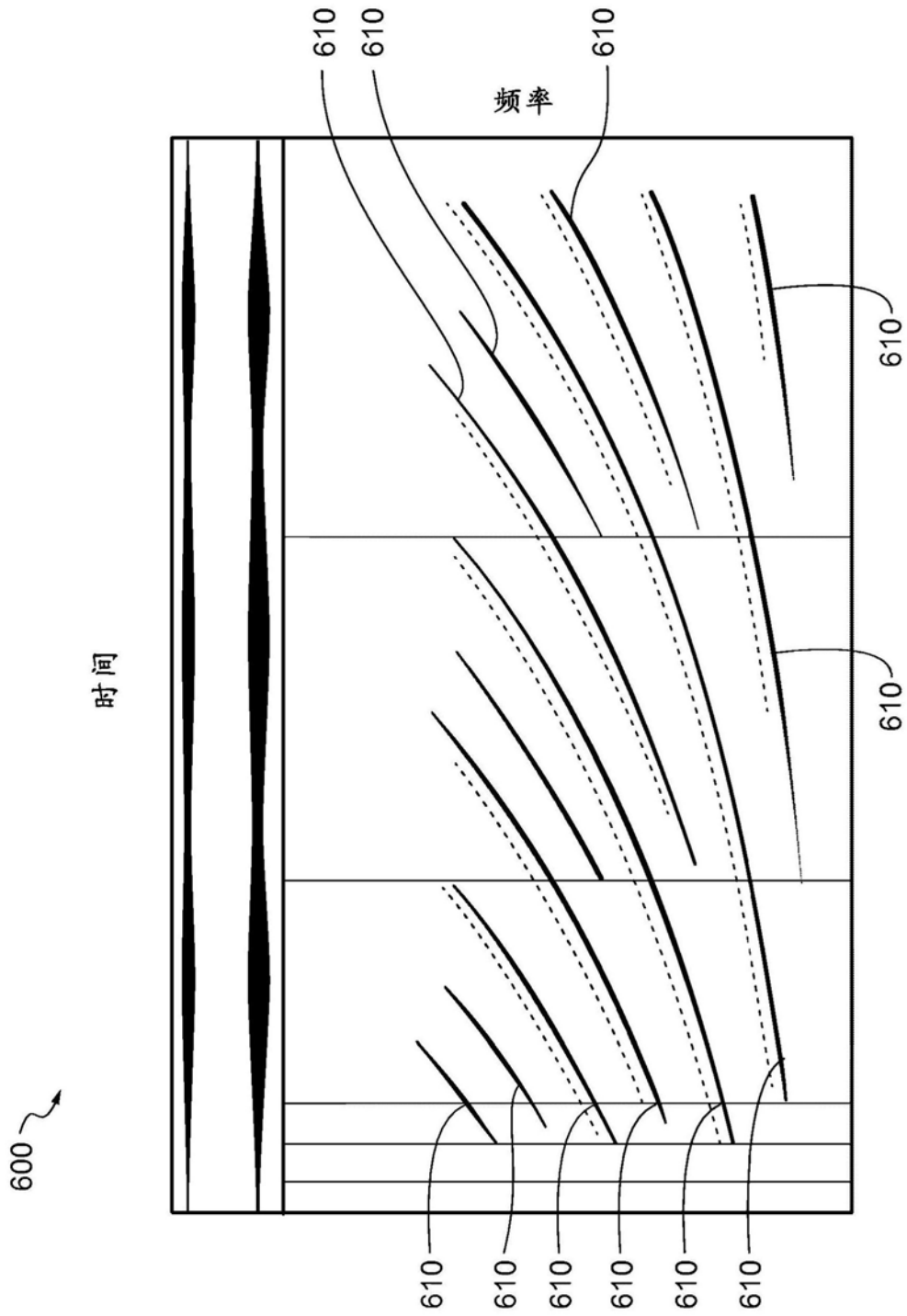


图6