[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl[6]
B60G 17/00

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 96108843.5

[43]公开日 1997 年 1 月 22 日

[11] 公开号 CN 1140672A

[22]申请日 96.7.8

[30]优先权

[32]95.7.6 [33]JP[31]170605/95

[71]申请人 株式会社优尼希雅杰克斯

地址 日本神奈川县厚木市

[72]发明人 佐佐木光雄

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

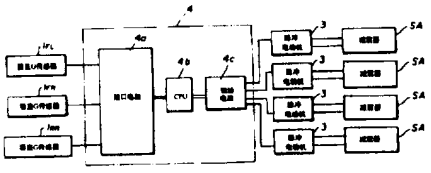
代理人 张政权

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图页数 19 页

[54]发明名称 汽车悬挂控制系统

[57]摘要

一种汽车用的悬挂控制系统，用于控制设置在各个汽车车轮位置处的悬挂质量和非悬挂质量之间的减震器，使之提供可变的阻尼力特性。从检测到的悬挂质量垂直动作得到各个车轮位置处的悬挂质量垂直速度。使用预定的传递函数，从检测到的悬挂质量垂直动作得到各个车轮位置处悬挂质量和非悬挂质量之间的相对速度。其中设置根据得到的悬挂质量垂直速度和相对速度产生控制信号的控制单元，以控制各个减震器阻尼力特性。



权 利 要 求 书

1. 一种用于汽车的，支撑在左前和右前车轮位置处左前和右前车轮上，也支撑在左后和右后车轮位置处左后和右后车轮上的悬挂控制系统，其特征在于包括：

设置在各个车轮位置处汽车的悬挂质量和非悬挂质量之间的减震器，用于提供可变的阻尼力特性；

至少一个用于检测悬挂质量垂直动作的传感器；

用于根据检测到的悬挂质量垂直动作计算各个车轮位置处的悬挂质量垂直速度的装置；

使用包括与各个减震器阻尼系数的项有关的预定的传递函数，根据检测到的悬挂质量垂直动作计算各个车轮位置处的悬挂质量和非悬挂质量之间的相对速度的装置；以及

根据算得的悬挂质量垂直速度和相对速度产生控制信号，以控制各个减震器的阻尼力特性的控制单元，此控制单元包括根据相应的控制信号确定各个减震器的阻尼系数的装置，以及根据确定的阻尼系数改变与各个减震器阻尼系数有关的项的装置。

2. 如权利要求 1 所述的悬挂控制系统，其特征在于控制单元包括为每个减震器设置的控制装置，用以对某个减震器的另一个行程侧控制阻尼力特性时，在此减震器拉伸和压缩行程侧之一上提供低阻尼力特性；当相应的悬挂质量垂直速度向上指时，在一个减震器的拉伸行程侧控制阻尼力特性，以及当相应的悬挂质量垂直速度向下指时，在一个减震器的压缩行程侧控制阻尼力特性的装置。

3. 如权利要求 2 所述的悬挂控制系统，其特征在于控制单元包括用于产生拉伸行程侧处理过的信号的装置，该信号具有保持在一个减震器的拉伸行程侧上相应的相对速度峰值处的值，直到相应的相对速度更新其峰值；用于产生压缩行程侧处理过的信号的装置，该信号具有保持在一个减震器的压缩行程侧上相应的相对速度峰值处的值，直到相应的相对速度更新其峰值；用于把相应的控制信号设定在某值的装置，该值正比于相应的悬挂质量垂直速度除以相应于悬挂质量垂直速度方向行程侧上的处理过的信号的商。

4. 如权利要求 3 所述的悬挂控制装置，其特征在于控制单元包括用于平均处理信号的装置。

5. 如权利要求 2 所述的悬挂控制系统，其特征在于控制单元包括用于产生处理过的信号的装置，该信号具有保持在相应的相对速度峰值的绝对值处的值，直到相应的相对速度更新其峰值；以及用于把相应的控制信号设定在某值的装置，该值正比于相应的悬挂质量垂直速度除以处理过的信号的商。

6. 如权利要求 5 所述的悬挂控制系统，其特征在于控制单元包括用于平均处理过的信号的装置。

7. 如权利要求 2 所述的悬挂控制系统，其特征在于控制单元包括用于产生拉伸行程侧处理过的信号的装置，该信号具有保持在一个减震器的拉伸行程侧上相应的相对速度峰值处的值，直到相应的相对速度更新其峰值；用于产生压缩行程侧处理过的信号的装置，该信号具有保持在一个减震器的压缩行程侧上相应的相对速度峰值处的值，直到相应的相对速度更新其峰值；用于产生拉伸行程侧的再处理信号的装置，该信号具有反比于拉伸行程侧的处理过的信号的值；用于产生压缩行程侧的再处理信号的装置，该信号具有反比于压缩行程侧的处理过的信号的值；以及用于把相应的控制信号设定在某值的装置，该值正比于相应的悬挂质量垂直速度乘以相应于悬挂质量垂直速度方向的行程侧上的再处理信号的积。

8. 如权利要求 7 所述的悬挂控制系统，其特征在于控制单元包括用于平均处理过的信号的装置。

9. 如权利要求 7 所述的悬挂控制系统，其特征在于控制单元包括用于平均再处理信号的装置。

10. 如权利要求 2 所述的悬挂控制系统，其特征在于控制单元包括用于产生处理过的信号的装置，该信号具有保持在相应的相对速度峰值的绝对值处的值，直到相应的相对速度更新其峰值；用于产生其值反比于处理过的信号的再处理信号的装置；以及用于把相应的控制信号设定在某值的装置，该值正比于相应的悬挂质量垂直速度乘以再处理信号的积。

11. 如权利要求 10 所述的悬挂控制系统，其特征在于控制单元包括用于平均处理过的信号的装置。

12. 如权利要求 10 所述的悬挂控制系统，其特征在于控制单元包括用于平均再处理信号的装置。

说　明　书

汽车悬挂控制系统

本发明涉及一种汽车用的支撑在前后车轮上的悬挂控制系统，以控制悬挂质量（车身）和非悬挂质量（相应于一个车轮）之间每个减震器的阻尼力特性。

例如，日本专利公开 61—163011 中揭示了一种用于控制汽车上设置的减震器的阻尼力特性的汽车悬挂控制系统。如此安装常规的汽车悬挂控制系统，通过在悬挂质量垂直速度和悬挂与非悬挂质量之间的相对速度符号相同时控制向硬侧的减震器阻尼力特性来抑制车身的振动，并通过在悬挂质量垂直速度以及悬挂与非悬挂质量之间的相对速度的符号不同时控制向软侧的减震器阻尼力特性来抑制要传送到悬挂质量的非悬挂质量输入。使用装在悬挂质量（车身）上的垂直加速度传感器检测到的悬挂质量垂直加速度可得出悬挂质量垂直速度，从行程传感器检测到的相对位移得出相对速度。因此，常规的悬挂控制系统除了垂直加速度传感器以外还需要行程传感器，导致悬挂控制系统变得复杂和昂贵。此外，表示得出的相对速度的信号包括非悬挂质量谐振频率（10 到 15Hz）的成分，因而最终用于操作相应的减震器的控制信号取高频信号的形式。由于采用这样一个高频控制信号，因此减震器需要与可快速响应于此控制信号和而操作的非常昂贵的执行机构合用。

本发明的一个主要目的是提供一种改善的汽车悬挂控制系统，它使用便宜的可较慢地响应于控制信号而对减震器操作的执行机构，而可保证良好的减震器阻尼力特性控制。

依据本发明，提供了一种汽车用的悬挂控制系统，它支撑在左前轮和右前轮位置处的左前轮和右前轮上，也支撑在左后轮和右后轮位置处的左后轮和右后轮上。此悬挂控制系统包括设置在位于各自车轮位置处的汽车悬挂和非悬挂质量之间的减震器，用于提供可变的阻尼力特性；至少一个用于检测悬挂质量垂直动作的传感器装置；用于根据检测到的悬挂质量垂直动作计算各个车轮位置处的悬挂质量垂直速度的装置；用于使用预定的传递函数（包括与各个减震器阻尼系数有关的项），根据检测到的悬挂质量垂直动作计算悬挂和非悬挂质量之间的相对速度的装置；以及用于根据计算得到的悬挂质量垂直速度和相对速度产生控制信号，以控制各个减震器的阻尼力特性的控制单元。此控制单元包括用于根

据相应的控制信号确定各个减震器的阻尼系数的装置，以及根据确定的阻尼系数改变与各个减震器阻尼系数有关的项的装置。

以下将结合附图对本发明进行更详细的描述，其中：

图 1 是示出依据本发明制造的汽车悬挂控制系统一个实施例的示意图；

图 2 是示出用于汽车的减震器的透视图；

图 3 是示出每个减震器详细结构的剖面图；

图 4 是示出减震器特殊部分的局部放大剖面图；

图 5 是阻尼力与活塞速度的关系曲线图；

图 6 是用于说明控制范围的图，其中可转动放置在减震器中的调节器来操作减震器；

图 7A 是沿图 4 的 K—K 线所取的调节器处于第一位置的横截面图；

图 7B 是沿图 4 的 L—L 和 M—M 线所取的调节器处于第一位置的横截面图；

图 7C 是沿图 4 的 N—N 线所取的调节器处于第一位置的横截面图；

图 8A 是沿图 4 的 K—K 线所取的调节器处于第二位置的横截面图；

图 8B 是沿图 4 的 L—L 和 M—M 线所取的调节器处于第二位置的横截面图；

图 8C 是沿图 4 的 N—N 线所取的调节器处于第二位置的横截面图；

图 9A 是沿图 4 的 K—K 线所取的调节器处于第三位置的横截面图；

图 9B 是沿图 4 的 L—L 和 M—M 线所取的调节器处于第三位置的横截面图；

图 9C 是沿图 4 的 N—N 线所取的调节器处于第三位置的横截面图；

图 10 是用于说明调节器处于第一位置的阻尼力特性的图；

图 11 是用于说明调节器处于第二位置的阻尼力特性的图；

图 12 是用于说明调节器处于第三位置的阻尼力特性的图；

图 13 是用于说明控制单元控制减震器阻尼力特性操作的流程图；

图 14 是用于说明控制单元控制减震器阻尼力特性操作的时间图；

图 15 是示出用于图 1 悬挂控制系统的信号处理电路的方框图；

图 16 是示出用于计算传递函数的一个模型的示意图；

图 17A 是示出传递函数增益特性的图；

图 17B 是示出传递函数相位特性的图；

图 18A 到 18B 是用于说明用在图 1 的悬挂控制系统中的信号处理电路操

作的时间图；

图 19A 到 19C 示出用于说明不同情况下多余和不足控制力的时间图；

图 20A 和 20B 是用于说明相对于本发明的悬挂控制系统的模拟结果的时间图；

图 21A 和 21B 是用于说明相对于常规的悬挂控制系统的模拟结果的时间图；

图 22A 到 22C 是用于说明驱动和保持相应的脉冲电动机所需的占空比的时间图；

图 23A 是拉伸侧再处理信号与拉伸侧处理过的信号的关系曲线图；

图 23B 是压缩侧再处理信号与压缩侧处理过的信号的关系曲线图；以及

图 23C 是再处理信号与处理过的信号的关系曲线图。

参考附图，特别是参考示出实施本发明的汽车悬挂控制系统的示意图的图 1。示出的悬挂控制系统包括用于以对减震器 SA 提供最佳阻尼力特性的方式驱动脉冲电动机 3 的控制单元 4。最好如图 2 所示，四个减震器 SA_{FL}、SA_{FR}、SA_{RL} 和 SA_{RR} 中的每一个插入悬挂质量（车身）和非悬挂质量（车轮）之间。靠近驾驶员座位安装的控制单元 4（图 2）包括接口电路 4a、中央处理单元（CPU）4b、以及驱动电路 4c。中央处理单元 4b 计算所需的要提供给各个减震器 SA 的阻尼力特性（以阻尼系数的形式）。根据来自不同传感器（包括垂直 G 传感器 1_{FL}、1_{FR} 和 1_{RR}）通过接口电路 4a 馈送到 CPU 的信号进行这些计算。如图 2 所示，垂直 G 传感器 1_{FL}、1_{FR} 和 1_{RR} 装在车身（悬挂质量）上，靠近各个减震器 SA_{FL}、SA_{FR} 和 SA_{RR} 装在车身处的位置（以下叫做车轮位置）。垂直 G 传感器 1_{FL}、1_{FR} 和 1_{RR} 检测各个车轮位置处车身（悬挂质量）的垂直加速度 G，并对接口电路 4a 产生表示检测到的垂直加速度 G_{FL}、G_{FR} 和 G_{RR} 的传感器信号。中央处理单元 4b 把规定算得的阻尼系数的控制字传送到驱动电路 4c，用于产生控制信号 V 来驱动相应的一个步进电动机 3，以提供算得的阻尼力特性。

参考图 3，它示出可用于悬挂控制系统的可变阻尼力型的减震器。减震器 SA 包括缸筒 30 和安装于缸筒 30 内作往复运动用的活塞 31。活塞 31 确定了其相对两侧的上和下室 A 和 B。围绕着缸筒 30 装有外壳 33，从而限定沿着它的储存器 C。设置了基座 34，以将储存器 C 和下室 B 分隔开。活塞杆 7 连至活塞 31 用于滑动。可由引导部件 35 引导活塞杆 7 的滑动。悬挂弹簧 36 位于外壳 33 和车身之间。标号 37 表示橡胶缓冲件（或衬套）。

参考图 4，活塞 31 具有沿活塞 31 的整个长度延伸的第一和第二通道 31a 和

31b。协同第一通道31a设置压缩侧阻尼阀20。协同第二通道31b设置拉伸侧阻尼阀12。活塞杆7的端部与界限停止器41螺接。界限停止器41螺接在穿过活塞31延伸的螺栓38中。螺栓38具有分流第一和第二通道31a和31b的液流通道39，以形成连接上和下室A和B之间的通道(通道E、F、G和J)。协同液流通道39设置调节器40、拉伸侧单向阀17和压缩侧单向阀22。调节器40传动地与通过控制杆转动调节器的相应的一个脉冲电动机3相连(图3)，以调节液流通道39的有效区域。螺栓38开有尺寸递减的第一、第二、第三、第四和第五口21、12、18、14和16。调节器40具有中空部分19、第一和第二横孔24和25，以及在其外表面内形成的纵沟23。因此，在此结构中，形成四个液流通道，用于上和下室A和B在拉伸行程(或状态)期间连接。这些液流通道包括从第二通道31b通过拉伸侧阻尼阀12内侧延伸到下室B的拉伸侧第一液流通道D、从第二口13通过纵沟23延伸到第四口14因而通过拉伸侧阻尼阀12外周侧延伸到下室B的拉伸侧第二液流通道E、从第二口通过纵沟23延伸到第五口16因而通过拉伸侧单向阀17延伸到下室B的拉伸侧第三液流通道F、以及从第三口18通过第二横孔25和中空部分19延伸到下室B的分流通道G。此外，形成三个液流通道，用于上和下室A和B在压缩行程中的连接。这些液流通道包括从第一通道31a通过压缩侧阻尼阀20延伸的压缩侧第一液流通道H、从中空部分19通过第一横孔24延伸到第一口21因而通过压缩侧单向阀22延伸到上室A的压缩侧第二液流通道J以及从中空部分19通过第二横孔25和第三口18延伸到上室A的分流通道G。

如图5所示，调节器40可转动，以调节拉伸和压缩侧多个步骤中减震器SA的阻尼力特性。现在假定调节器40位于相应于图6所示软范围SS的第二位置②。如图6所示，该处减震器SA在其拉伸和压缩侧都具有软阻尼力特性。此阻尼力特性如图11所示。在第二位置②中，活塞31元件的位置如图8A、8B和8C所示。图8A是沿图4的K—K线取的横截面图，图8B是沿图4的L—L和M—M线取的横截面图，而图8C是沿图4的N—N线取的横截面图。当调节器40从第二位置②沿顺时针方向转动时，减震器SA的阻尼力特性只在其拉伸侧上在多个步骤中向硬特性侧改变。最后，调节器40到达相应于图6所示拉伸侧硬范围HS的第一位置①，如图6所示，该处减震器SA具有在其压缩侧固定的软特性。此阻尼力特性如图10所示。在第一位置①中，活塞31元件的位置如图7A、7B和7C所示。图7A是沿图4的K—K线取的横截面图，而图7B是沿图4的L—L和M—M线取的横截面图，而图7C是沿图4的N—N线取的横截面

图。当调节器40从第二位置②沿顺时针方向转动时，减震器SA的阻尼力特性只在其拉伸侧上在多个步骤中向硬特性侧改变。最后，调节器40到达相应于图6所示压缩侧硬范围SH的第三位置③，如图6所示，该处减震器SA具有在其拉伸侧固定的软特性。此阻尼力特性如图12所示。在第三位置③中，活塞31元件的位置如图9A、9B和9C所示。图9A是沿图4的K—K线取的横截面图，图9B是沿图4的L—L和M—M线取的横截面图，而图9C是沿图4的N—N线取的横截面图。

图13是示出使用数字计算机来控制每个减震器SA阻尼力特性时的程序的流程图。在点202处输入此计算机程序。在程序中的点204处，判定控制信号V是否大于死区的上限V_{NC}。如果对此问题的回答为"是"，则程序转到点206，在那里产生在拉伸状态硬范围HS中操作减震器的命令，然后转到结束点214。否则，程序转到点208处的另一个判定步骤。判定控制信号V是否小于死区的下限$-V_{NC}$。如果对此问题的回答为"是"，则程序转到点210，在那里产生在压缩状态硬范围SH中操作减震器的命令，然后转到结束点214。否则，意味着控制信号V在死区中，程序转到点212，在那里产生在软范围SS中操作减震器的命令。随后，程序转到结束点214。

参考图14A至14E，将进一步描述减震器阻尼力特性控制。现在假定根据悬挂质量垂直速度$\triangle x$和相对速度$(\triangle x-\triangle x_0)$产生的控制信号V随时间而变化如图14A所示。当控制信号V位于由其上、下限V_{NC}和$-V_{NC}$之间限定的死区中时，控制减震器，使它具有处于软范围SS的阻尼力特性，其中拉伸和压缩状态都表现出预定的固定的低阻尼力特性。当控制信号V增加到超出上限V_{NC}时，在拉伸状态硬范围HS中，控制减震器的阻尼力特性，那里压缩状态固定在预定的低(软)阻尼力特性处。拉伸状态阻尼力特性(目标阻尼力特性位置P_T=阻尼系数C)的变化正比于以下将描述的控制信号V。当控制信号V减小到低于下限$-V_{NC}$时，在压缩状态硬范围HS中，控制减震器的阻尼力特性，以在拉伸状态中提供预定的低(软)阻尼力特性，且压缩状态阻尼力特性(目标阻尼力特性位置P_C=阻尼系数C)的变化正比于以下将描述的控制信号V。

在图14C中，字母a表示控制范围，那里根据悬挂质量垂直速度$\triangle x$和相对速度$(\triangle x-\triangle x_0)$产生的控制信号V从其负号(向下)变到其正号(向上)。因为相对速率$(\triangle x-\triangle x_0)$保持为负(减振器工作在压缩状态)，依据控制信号V的符号(方向)，把减振器控制在拉伸状态硬范围HS中。因此，在控制范围a中，控制减震器以在压缩状态中提供软特性。

在控制范围 b 中，那里控制信号 V 保持为正（向上）且相对速度（$\triangle x-\triangle x_0$）从其负号变到正号指出减震器的拉伸状态（EXT），依据控制信号 V 的符号（方向）控制减震器于拉伸状态硬范围 HS 中，且减震器处于拉伸状态。因此，在此控制范围中，控制减震器，使它相应于减震器当前状态在拉伸状态中具有正比于悬挂质量垂直速度△x 的硬特性。

在控制范围 c 中，那里悬挂质量垂直速度△x 从其正号（向上）变到其负号（向下），而相对速度（$\triangle x-\triangle x_0$）具有正号指出减震器的拉伸状态（EXT），依据悬挂质量垂直速度△x 的符号控制减震器在压缩状态硬范围 SH 中。因此，在此控制范围中，控制减震器，使它相应于减震器当前状态具有拉伸状态中的软特性。

在控制范围 d 中，那里悬挂质量垂直速度△x 的符号保持为负（向下）且相对速度（$\triangle x-\triangle x_0$）从其正号变到负号指出减震器的拉伸状态（EXT），根据悬挂质量垂直速度△x 控制减震器于压缩状态硬范围 SH 中。因此，在此控制范围中，控制减震器，使它相应于减震器当前状态具有压缩状态中的硬特性。

在此实施例中，控制减震器，当根据悬挂质量垂直速度△x 和相对速度（$\triangle x-\triangle x_0$）产生的控制信号 V 的符号与相对速度（$\triangle x-\triangle x_0$）的符号相同时（控制范围 b 和 d）在减震器的当前状态中提供硬特性，当控制信号 A 和相对速度（$\triangle x-\triangle x_0$）的符号不同时（控制范围 a 和 c），在减震器的当前状态中提供软特性。于是，可实施与依据架空吊运车（sky hook）理论进行的阻尼力特性控制相同的控制。此外，当切换减震器的状态，即，相应于从控制范围 a 到控制范围 b 的改变以及也相应于从控制范围 c 到控制范围 d 的改变（从软特性到硬特性）时，阻尼特性位置已转换到先前控制范围 a 和 c 中硬特性侧。于是，可从软特性变到硬特性而时间上没有延迟。这对于提供很快的控制响应有效。

参考图 15，它示出包含在控制单元 4 中用于产生控制信号 V 以驱动各个脉冲电动机 3 的信号处理电路。此信号处理电路包括十三个部件 B1 到 B13。第一部件 B1 接收从左前、右前、和右后垂直 G 传感器 1_{FL}、1_{FR}和 1_{RR}馈送给它并表示在左前、右前和右后车轮位置处检测到的垂直加速度的传感器信号，并计算各个位置处的垂直加速度 G_{FL}、G_{FR}、G_{RL}和 G_{RR}。第二部件 B2 接收从左前和右前垂直 G 传感器 1_{FL}和 1_{FR}馈送给它并表示在左前和右前车轮位置处检测到的垂直加速度的传感器信号，并从下式计算汽车横摇加速度 G_R：

$$G_R=(G_{FR}-G_{FL})/2 \qquad (1)$$

第三部件 B3 接收从第一部件 B1 传送来的算得的垂直加速度 G_{FL}、G_{FR}、G_{RL}和 G_{RR}以及从第二部件 B2 传送来的算得的汽车横摇加速度 G_R，并计算悬挂质

量垂直速度$\triangle x$($\triangle x_{FL}$、$\triangle x_{FR}$、$\triangle x_{RL}$、$\triangle x_{RR}$)和汽车横摇速度V_R。可通过对传送来的信号积分或使传送来的信号通过低通滤波器再积分来进行这些计算。第四部件B4包括用于去掉除减震器阻尼特性控制所需的成分以外的信号成分的带通滤波器BPF1、BPF2和BPF3。提供带通滤波器BPF1和BPF2,以获得汽车跳振共振频带中的汽车跳振速度信号V_{BFR}、V_{BFL}、V_{BRR}和V_{BRL},而提供带通滤波器BPF3,以获得汽车横摇共振频率中的横摇速度信号V_R。第五部件B5为了处理从汽车前、后车轮参数(诸如,重量、弹性常数等)的大小之差异而产生的性能的差别,对前、后车轮单独设定跳振系数α_f和α_r。第六部件B6为了防止当转动转向盘时由作用于车身上的外力(横向加速度)产生的相对于横摇方向上动作的控制力的不足,而对于前、后车轮的横摇系数r_f和r_r单独设定。第七部件B7从以下式子分别为右前、左前、右后和左后车轮计算悬挂质量的分量信号(V_{FR-RH}、V_{FR-LH}、V_{RR-RH}和V_{RR-LH}):

$$V_{FR-RH}=\alpha_f \cdot V_{BFR}+r_f \cdot V_R \tag{2}$$

$$V_{FR-LH}=\alpha_f \cdot V_{BFL}+r_f \cdot V_R \tag{3}$$

$$V_{RR-RH}=\alpha_r \cdot V_{BRR}+r_r \cdot V_R \tag{4}$$

$$V_{RR-LH}=\alpha_r \cdot V_{BRL}+r_r \cdot V_R \tag{5}$$

第八部件B8接收从第一部件B1传送来的垂直加速度G_{FL}、G_{FR}、G_{RL}和G_{RR},并且它使用传递函数Gu(S)来从下式计算悬挂和非悬挂质量之间的相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)〔($\triangle x-\triangle x_0$)$_{FL}$、($\triangle x-\triangle x_0$)$_{FR}$、($\triangle x-\triangle x_0$)$_{RL}$、($\triangle x-\triangle x_0$)$_{RR}$〕:

$$Gu(S)=RS/(DS+E) \tag{6}$$

这里$R=-m_1$,$D=C_1$和$E=k_1$。从图16将使得计算传递函数用的模型变得明显起来,图中x_1是悬挂质量输入,x_2是非悬挂质量输入,x_3是路面输入,m_1是悬挂质量,m_2是非悬挂质量,c_1是悬挂阻尼系数,c_2是轮胎阻尼系数,k_1是悬挂的弹性常数,而k_2是轮胎的弹性常数。通过以下将描述的第十三部件B13反馈在第十二部件B12处算得的各个减震器的目标阻尼力特性位置P(或控制阻尼系数C)。第八部件B8使用从第十三部件B13传送来的阻尼系数C作为式子(6)的c_1。图17A和17B示出在式子(6)中使用的用于计算相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)的传递函数的增益和相位特性。如图17A和17B所示,对于悬挂阻尼系数的差异(DATA1—10),其特性是不同的。可通过反馈各个减震器SA的控制阻尼系数C来校正特性差异。这对于只使用悬挂质量垂直G传感器获得准确的相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)有效。

如图18C所示,第九部件B9接收算得的相对速度($\triangle x-\triangle x_0$),并依据指出

相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)方向的符号(拉伸侧为正,压缩侧为负)检测相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)的位伸侧和压缩侧的峰值 XP_T 和 XP_C。把检测到的峰值 XP_T 和 XP_C 作为 XP'_T 和 XP'_C 存储起来。当检测到新的峰值 XP_T 或 XP_C 时,就用新的峰值来更新相应的峰值 XP'_T 或 XP'_C。第十部件 B10 接收峰值 XP'_T 和 XP'_C,并分别产生反比于拉伸侧和压缩侧处理过的信号 XP'_T 和 XP'_C 的拉伸侧的再处理信号 KUS_{-T}(KUS_{-FR-T}、KUS_{-FL-T}、KUS_{-RR-T}、KUS_{-RL-T})和压缩侧再处理信号 KUS_{-c}(KUS_{-FR-C}、KUS_{-FL-c}、KUS_{-RR-c}、KUS_{-RL-c})。即,第十部件依据下式计算拉伸侧和压缩侧的再处理信号 KUS_{-T}和 KUS_{-c}:

$$KUS_{-T}=1/XP'_T \tag{7}$$

$$KUS_{-c}=1/XP'c \tag{8}$$

当拉伸侧或压缩侧的处理过的信号 XP'_T 或 XP'_c 小于预定的最小值 MIN(XP'_T、$XP'_c \leqslant MIN$)时,把拉伸侧和压缩侧的再处理信号 KUS_{-T}和 KUS_{-C}设定在它们的最大值(KUS_{-T}、$KUS_{-C}=MAX(1.0,0.9)$)上。这意味着防止当各个处理过的信号 XP'_T 和 XP'_C 接近于零时再处理信号 KUS_{-T}和 KUS_{-C}发散到无限大。第十一部件 B11 接收拉伸侧再处理信号 KUS_{-T}(KUS_{-FR-T}、KUS_{-FL-T}、KUS_{-RR-T}、KUS_{-RL-T})和压缩侧再处理信号 KUS_{-C}(KUS_{-FR-C}、KUS_{-FL-C}、KUS_{-RR-C}、KUS_{-RL-C}),并分别通过平均拉伸侧和压缩侧的再处理信号 KUS_{-T}(KUS_{-FR-T}、KUS_{-FL-T}、KUS_{-RR-T}、KUS_{-RL-T})和 KUS_{-C}(KUS_{-FR-C}、KUS_{-FL-C}、KUS_{-RR-C}、KUS_{-RL-C})产生拉伸侧平均信号 KUS'_{-T}(KUS'_{-FR-T}、$KUS'_{-FL\,T}$、KUS'_{-RR-T}、KUS'_{-RL-T})和压缩侧平均信号 KUS'_{-C}(KUS'_{-FR-C}、$KUS'_{-FL\,C}$、KUS'_{-RR-C}、KUS'_{-RL-C})。

第十二部件 B12 接收根据悬挂质量速度 $\triangle x$ 产生的悬挂质量分量信号 Vu 和根据相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)产生的平均信号 KUS_{-T}和 KUS_{-C},并从下式以拉伸侧控制信号(V_{-FR-T}、V_{-FL-T}、V_{-RR-T}、V_{-RL-T})和压缩侧控制信号(V_{-FR-C}、V_{-FL-C}、V_{-RR-C}、V_{-RL-C})的形式计算控制信号 V:

$$V_{FR-T}=g_f \cdot V_{FR-RH} \cdot KUS'_{-FR-T} \tag{9a}$$

$$V_{FR-C}=g_f \cdot V_{FR-RH} \cdot KUS'_{-FR-C} \tag{9b}$$

$$V_{FL-T}=g_f \cdot V_{FR-LH} \cdot KUS'_{-FL-T} \tag{10a}$$

$$V_{FL-C}=g_f \cdot V_{FR-LH} \cdot KUS'_{-FL-C} \tag{10b}$$

$$V_{RR-T}=g_r \cdot V_{RR-RH} \cdot KUS'_{-RR-T} \tag{11a}$$

$$V_{RR-C}=g_r \cdot V_{RR-RH} \cdot KUS'_{-RR-C} \tag{11b}$$

$$V_{RL\text{-}T}=g_r \cdot V_{RR\text{-}LH} \cdot KUS'_{\text{-}RL\text{-}T} \quad (12a)$$

$$V_{RL\text{-}C}=g_r \cdot V_{RR\text{-}LH} \cdot KUS'_{\text{-}RL\text{-}C} \quad (12b)$$

这里 g_f 是拉伸侧总增益，g_r 是压缩侧总增益。从下式根据控制信号 V($V_{\text{-}FR\text{-}T}$、$V_{\text{-}FL\text{-}T}$、$V_{\text{-}RR\text{-}T}$、$V_{\text{-}RL\text{-}T}$、$V_{\text{-}FR\text{-}C}$、$V_{\text{-}FL\text{-}C}$、$V_{\text{-}RR\text{-}C}$、$V_{\text{-}RL\text{-}C}$)计算各个减震器 SA 的目标阻尼力特性位置 P(P_T、P_C)或控制阻尼系数 C：

$$P=C=(V\text{-}V_{NC})/(V_H\text{-}V_{NC}) \cdot P_{MAX} \quad (13)$$

这里 P_{MAX}是最大的阻尼力特性位置，V_{NC}是控制死区，而 V_H 是比例范围。

在此实施例中，通过在第十部件 B10 处把拉伸侧和压缩侧的处理过的信号 XP'_T 和 XP'_C 转换成反比于拉伸侧和压缩侧的处理过的信号 XP'_T 和 XP'_C 的相应的拉伸侧和压缩侧的再处理信号 $KUS_{\text{-}T}$和 $KUS_{\text{-}C}$，然后把它们乘以悬挂质量垂直速度信号 $V_{\text{-}RH}$，可防止此控制信号发散到无限。也可通过在第九部件 B9 单独检测拉伸侧和压缩侧的相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)的峰值并使用行程侧的相应于悬挂质量速度$\triangle x$ 的 XP_T 和 XP_C 的任一峰值，如图 18C 所示产生低频拉伸侧和压缩侧的处理过的信号 XP'_T 和 XP'_C，从而如图 18D 所示产生低频控制信号 V。也可通过在第十一部件 B11 处平均拉伸侧和压缩侧的再处理信号 $KUS_{\text{-}T}$和 $KUS_{\text{-}C}$，以进一步降低控制信号 V 的频率。

参考图 18A 到 18E 将进一步描述控制信号 V 的产生。现在假定悬挂质量速度$\triangle x$ 以图 18A 所示低频样式变化，相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)以图 18B 所示高频样式变化。检测拉伸和压缩侧的相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)的峰值 XP_T 和 XP_C(如图 18C 中黑点所示)，保持拉伸侧和压缩侧的相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)的峰值 XP_T 和 XP_C，直到对每个拉伸侧和压缩侧峰值 XP_T 和 XP_C 检测到新峰值为止(如图 18C 中实线所示)。因此，高频相对速度信号($\triangle x-\triangle x_0$)可变成低频拉伸侧和压缩侧处理过的信号 XP_T 和 XP_C。于是，可从式子(9a)到(12a)和式子(9b)到(12b)看出，根据低频信号算得的控制信号 V 具有如图 18D 所示的低频波形。即，如图 18E 所示，即使脉冲电动机 3 具有较慢的响应，阻尼力特性位置也可快速响应于控制信号 V 的变化而切换。

参考图 19A 到 19C 将进一步描述操作。在这些图中，实线对应于常规的控制设备中产生的控制信号 V'，点划线对应于常规的控制设备中获得的阻尼力特性位置 P'，而虚线对应于本发明的控制设备中获得的控制信号 V 和阻尼力特性位置 P。

图 19A 示出拉伸侧相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)的峰值 XP_T 变到较小值的情况。使用以高频样式改变的控制信号 V，脉冲电动机 3 切换阻尼力位置 P'的操作将

滞后于峰值的变化且不能提供理想的控制力减少。结果，在由阴影区域A1指出的范围中产生了过剩的控制力。用依据本发明产生的控制信号V，在由阴影区域A2指出的范围中产生不足的控制力。

图19B示出拉伸侧相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)的峰值$XP_T$变到较大值的情况。使用以高频样式改变的控制信号V，脉冲电动机3切换阻尼力位置P'的操作将滞后于峰值的变化且不能提供理想的控制力减少。结果，在阴影区域B1指出的范围中产生了过剩的控制力。用依据本发明产生的控制信号V，在由阴影区域B2指出的范围中产生不足的控制力。

图19C示出拉伸侧相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)的峰值$XP_T$不变的情况。使用以高频样式改变的控制信号V，在由阴影区域C1指出的范围中产生了过剩的控制力。用依据本发明产生的控制信号V，在由阴影区域C2指出的范围中产生不足的控制力。

如上所述，虽然由依据本发明产生的控制信号V产生了过剩和/或不足的控制力，但此区域(能量)比常规的控制信号V'提供的区域小得多。这可从图20A、20B、21A、21B和21C看出。图20A示出由本发明的控制信号V提供的实际悬挂质量加速度，图20B示出由本发明的控制信号V提供的执行机构ACTR的目标位置和实际位置。图21A示出由常规控制信号V'提供的实际悬挂质量加速度，图21B示出由常规的控制信号V'提供的执行机构ACTR的目标位置和实际位置。从图21C(它是示出图21B的圆A包围的部分的放大图)可看出本发明可减少由常规控制信号V'产生并引入实际悬挂质量加速度信号波形的大的失真。

返回图19A到19B，字母S表示悬挂质量速度$\triangle x$和相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)具有不同的符号的激励范围。在这些激励范围中，不必改变控制行程(拉伸)侧的阻尼力特性位置P，因为低的阻尼力特性作用于相反行程(压缩行程)侧。因此可在激励范围中保持脉冲电动机不工作。这对于操作脉冲电动机3很好地响应于控制信号V有效，也可减小驱动和保持脉冲电动机3所需的占空比。

图22A到22C示出控制信号(由实线表示)和阻尼力特性位置(由虚线表示)之间的关系。在示出的情况中，驱动和保持脉冲电动机3所需的占空比的范围从30%到50%。用具有大幅度的控制信号，脉冲电动机3对于控制信号具有较慢的响应，且占空比几乎为100%。要求脉冲电动机3具有这样一个最小响应，从而它在半个非悬挂质量的共振周期中，在拉伸侧硬范围HS和软范围SS之间或压缩侧硬范围SH和软范围SS之间来回。现在假定非悬挂质量共振频率

为 10Hz，要求脉冲电动机 3 具有能在 25ms 中来回的响应。依据本发明，如图 22A 所示，当拉伸侧的相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)的峰值 XP_T 没有波动时，驱动和保持脉冲电动机 3 所需的占空比是 0%，即使当拉伸侧的相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)的峰值 XP_T 有波动时，占空比几乎是 50%。脉冲电动机 3 可具有这样一个最小的响应，从而它在非悬挂共振周期 RP 中，在拉伸侧硬范围 HS 和软范围 SS 之间或在压缩侧硬范围 SH 和软范围 SS 之间来回。现在假定非悬挂质量共振频率是 10Hz，脉冲电动机 3 可具有能在 100ms 中来回的响应。

可变更图 15 的信号处理电路，以计算控制信号如下：

$$V=g\cdot V_U/XP'_T \tag{14}$$

$$V=g\cdot V_U/XP'_C \tag{15}$$

这里 g 是比例常数，V_U 是悬挂质量分量信号，而 XP'_T 和 XP'_C 是图 15 的第九部件 B9 中获得的拉伸和压缩侧处理信号。在此变更中，可计算拉伸侧和压缩侧平均峰值 XP_{T-n} 和 XP_{C-n}。拉伸侧和压缩侧平均峰值 XP_{T-n} 和 XP_{C-n} 用于从下式计算拉伸侧和压缩侧处理过的信号 XP'_{T-n} 和 XP'_{C-n}：

$$XP_T-n=\{\alpha\cdot XP_T(n)+\beta\cdot XP_T(n-1)+\gamma\cdot XP_T(n-2)+\eta\cdot XP_T(n-3)\}X(1/\alpha+\beta+\gamma+\eta) \tag{16}$$

$$XP_C-n=\{\alpha\cdot XP_C(n)+\beta\cdot XP_C(n-1)+\gamma\cdot XP_C(n-2)+\eta\cdot XP_C(n-3)\}X(1/\alpha+\beta+\gamma+\eta) \tag{17}$$

这里 α、β、γ 和 η 是预定的重量。

还可变更图 15 的信号处理电路，以检测第八部件 B8 中获得的相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)的峰值。计算并保持检测到的相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)峰值的绝对值 $XP_{T,C}$，直到检测到相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)的下一个峰值。保持的绝对值 $XP_{T,C}$ 用于计算控制信号 V。从下式进行此计算：

$$V=g\cdot V_U/XP'_{T,C} \tag{18}$$

这里 g 是比例常数，而 V_U 是悬挂质量分量信号。因为如图 17A 所示极低的频率分量被截去，相对速度($\triangle x-\triangle x_0$)信号几乎没有低频分量。这就容许进行可不分开拉伸侧和压缩侧的控制。在此变化中，可计算平均峰值的绝对值 $XP_{T,C}$，并用于从下式计算处理信号 $XP'_{T,C}$：

$$XP_{T,C}=\{\alpha\cdot XP_{T,C}(n)+\beta\cdot XP_{T,C}(n-1)+\gamma\cdot XP_{T,C}(n-2)+\eta\cdot XP_{T,C}(n-3)\}X(1/\alpha+\beta+\gamma+\eta) \tag{19}$$

这里 α、β、γ 和 η 是预定的重量。

也可布置图 15 的信号处理电路，以检测第八部件 B8 中获得的相对速度

$(\triangle x-\triangle x_0)$的峰值。计算并保持检测到的相对速度$(\triangle x-\triangle x_0)$峰值的绝对值$XP_{T,C}$，直到检测到相对速度$(\triangle x-\triangle x_0)$的下一个峰值。保持的绝对值$XP_{T,C}$用于计算反比于处理过的信号$XP'_{T,C}$的再处理信号$KUS_{-T,C}$，从下式进行此计算：

$$KUS_{-T,C}=1/XP'_{T,C} \tag{20}$$

计算得到的再处理信号$KUS_{-T,C}$用于计算控制信号V。从下式进行此计算：

$$V=g \cdot V_U \cdot KUS_{-T,C} \tag{21}$$

这里g是比例常数，V_U是悬挂质量分量信号。在此变化中，可计算平均峰值的绝对值$XP_{T,C}$，并用于从下式计算处理过的信号$XP'_{T,C}$：

$$XP_{T,C}=\{\alpha \cdot XP_{T,C}(n)+\beta \cdot XP_{T,C}(n-1)+\gamma \cdot XP_{T,C}(n-2)+\eta \cdot XP_{T,C}(n-3)\}X(1/\alpha+\beta+\gamma+\eta) \tag{22}$$

这里α、β、γ和η是预定的重量。

虽然结合在左前、右前和右后车轮位置设置的三个垂直G传感器描述了本发明，但可理解垂直G传感器的数目和位置不限于示出的情况。例如，本发明也适用于使用设置在前车轮侧的单个垂直G传感器的情形。虽然描述从式子(7)和(8)中算得拉伸和压缩侧再处理信号KUS_{-T}和KUS_C，但应理解这些再处理信号可从图23A和23B所示以查找表形式的编程数据中算得。虽然描述从式子(20)中算得的再处理信号$KUS_{-T,C}$，但应理解此再处理信号可从图23C所示查找表形式的编程数据中计算得。虽然从式子(6)中计算得到用于第八部件B8以根据悬挂质量垂直加速度计算相对速度$(\triangle x-\triangle x_0)$的传递函数，但应理解此传递函数可由下式计算得到的更简单的传递函数Gs代替：

$$Gs=RS/DS+E \tag{23}$$

也可理解可依据车速改变用于式子(9a)到(12a)和(9b)到(12b)的增益g_f和g_r。虽然结合一特殊实施例描述了本发明，但很明显对本领域内的那些熟练技术人员许多替代、改变和变化将变得明显起来。因此，希望包含落在所附权利要求书范围内的所有替代、改变和变化。

说 明 书 附 图

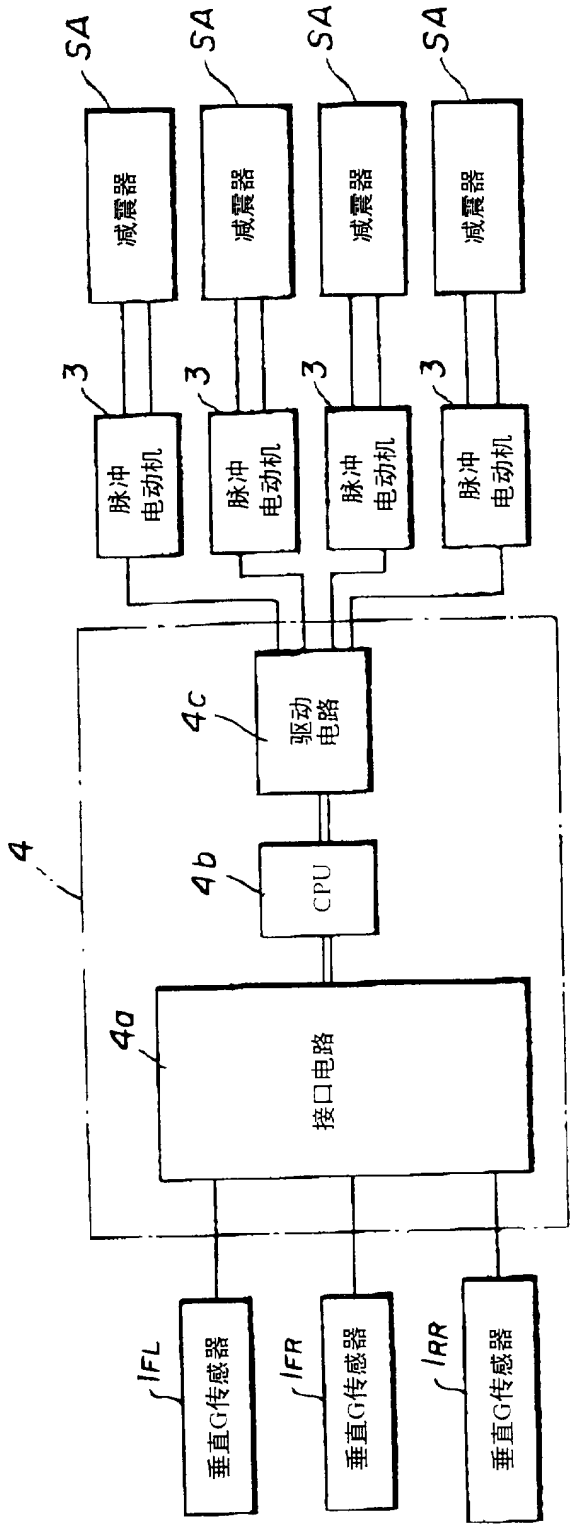

SA
减震器
3
脉冲电动机
4c
驱动电路
4b
CPU
4a
接口电路
4
1FL
垂直G传感器
1FR
垂直G传感器
1RR
垂直G传感器

图 1

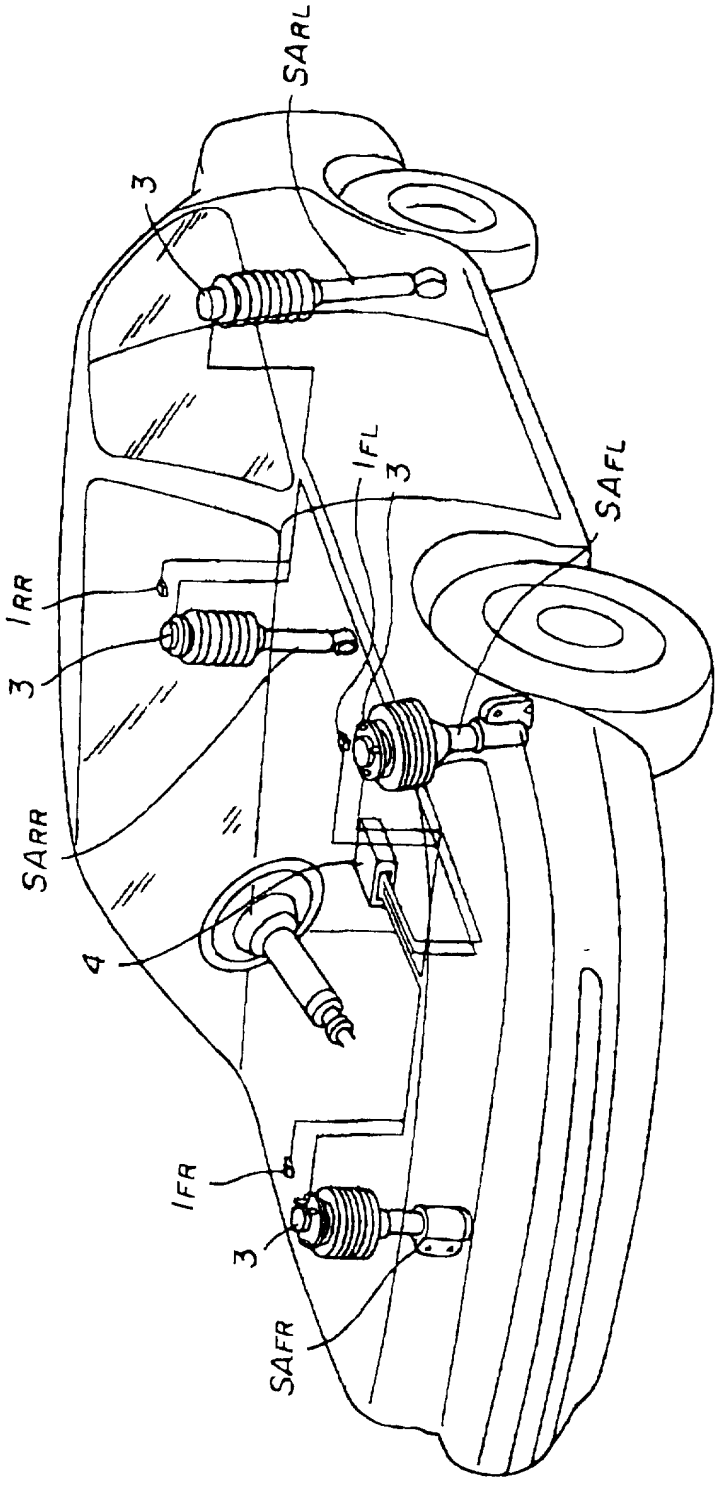


図 2

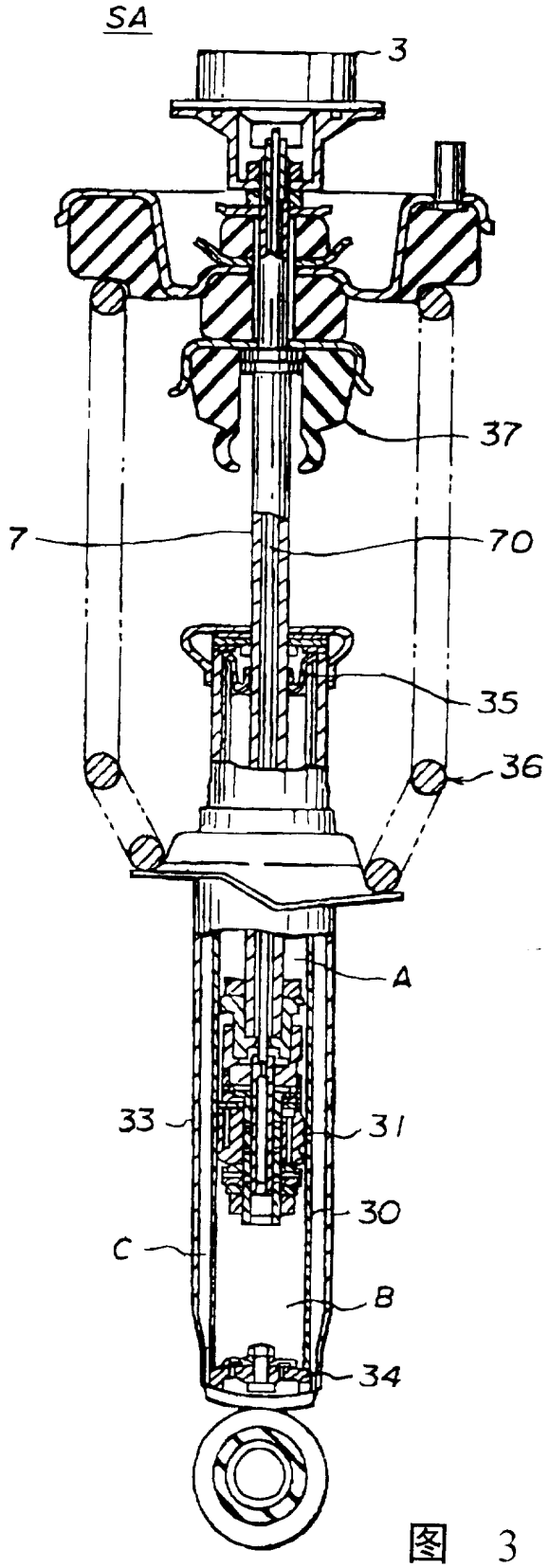


图 3

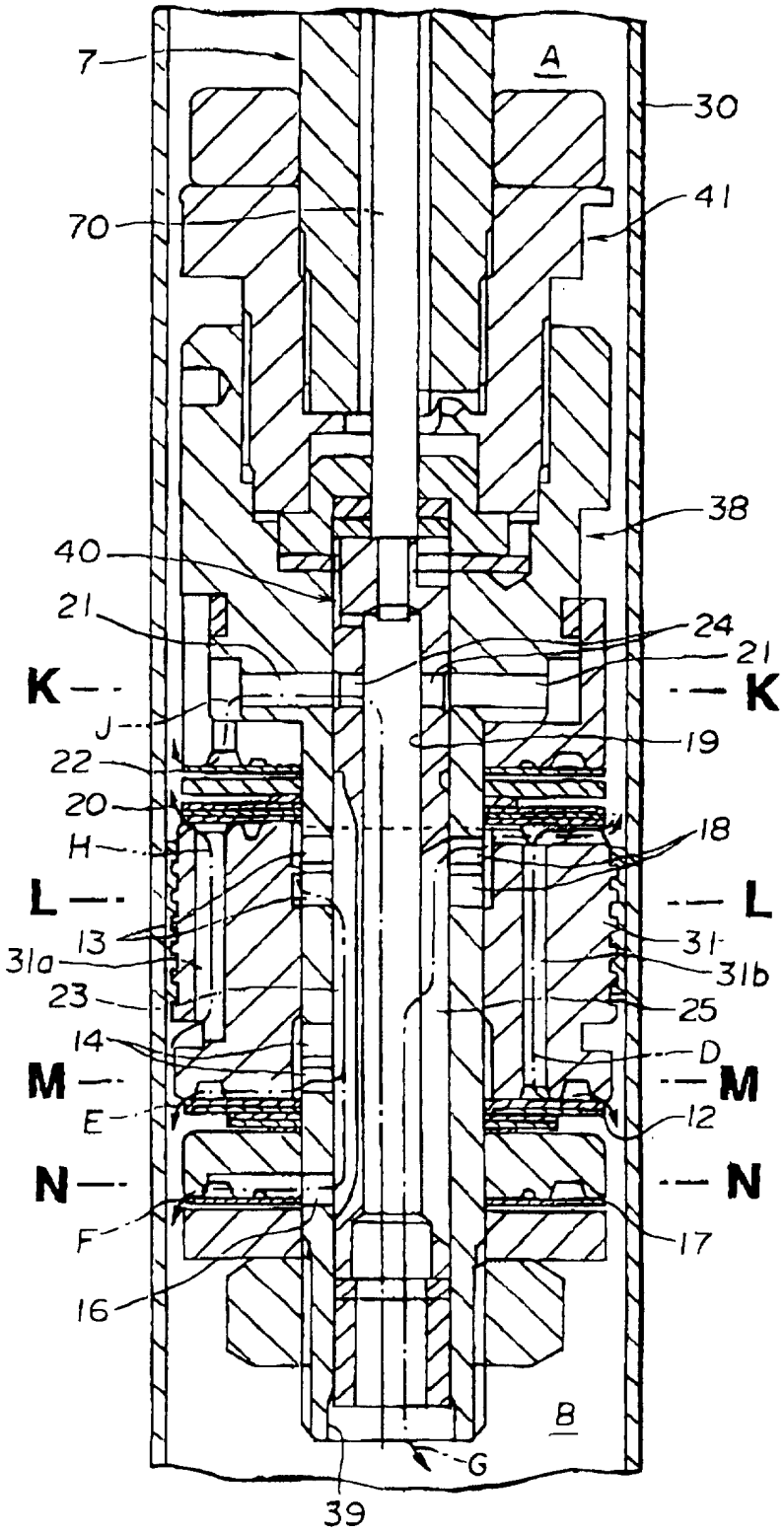

7
A
30
41
70
38
40
21
24
21
K
K
J
19
22
20
18
H
L
L
13
31
31a
31b
23
25
14
D
M
M
E
12
N
N
F
17
16
B
G
39

图 4

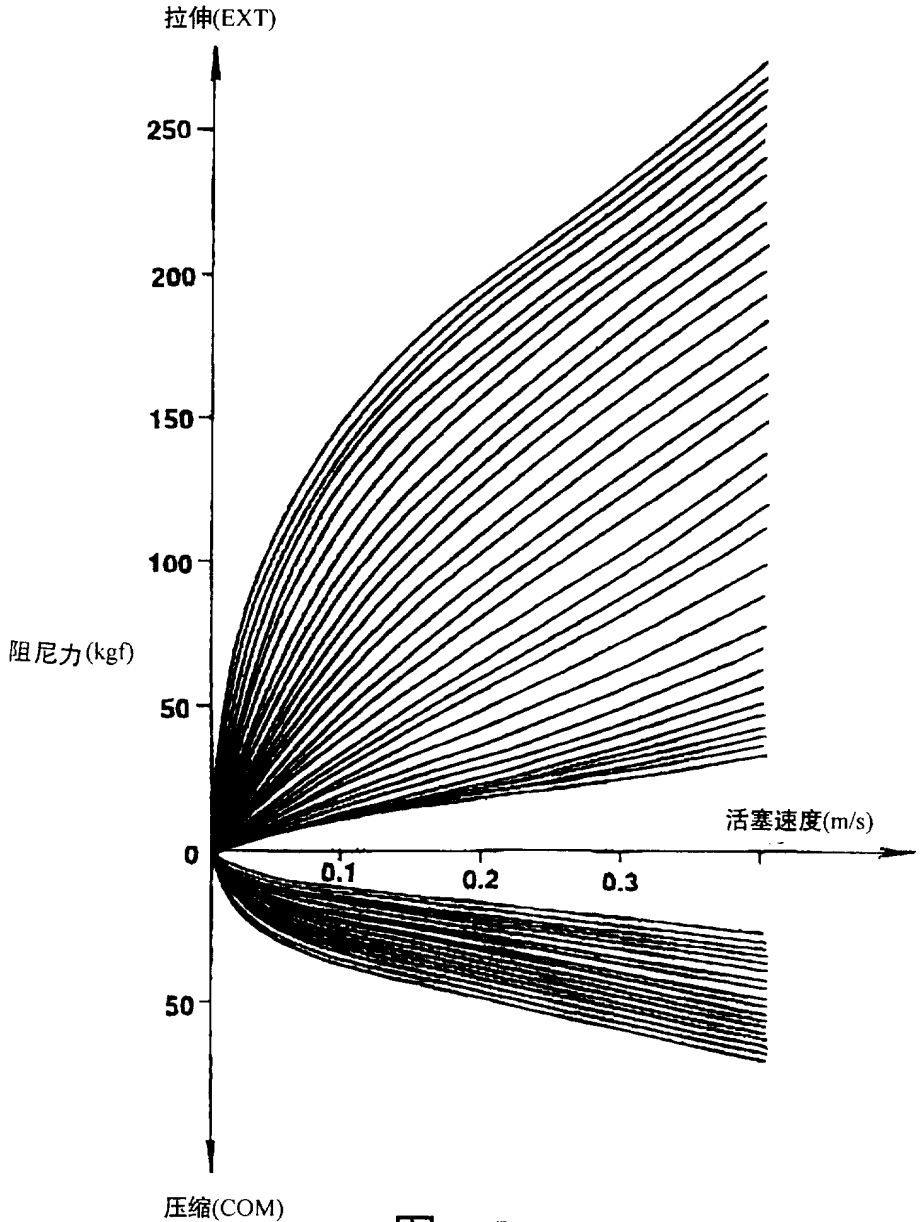


图 5

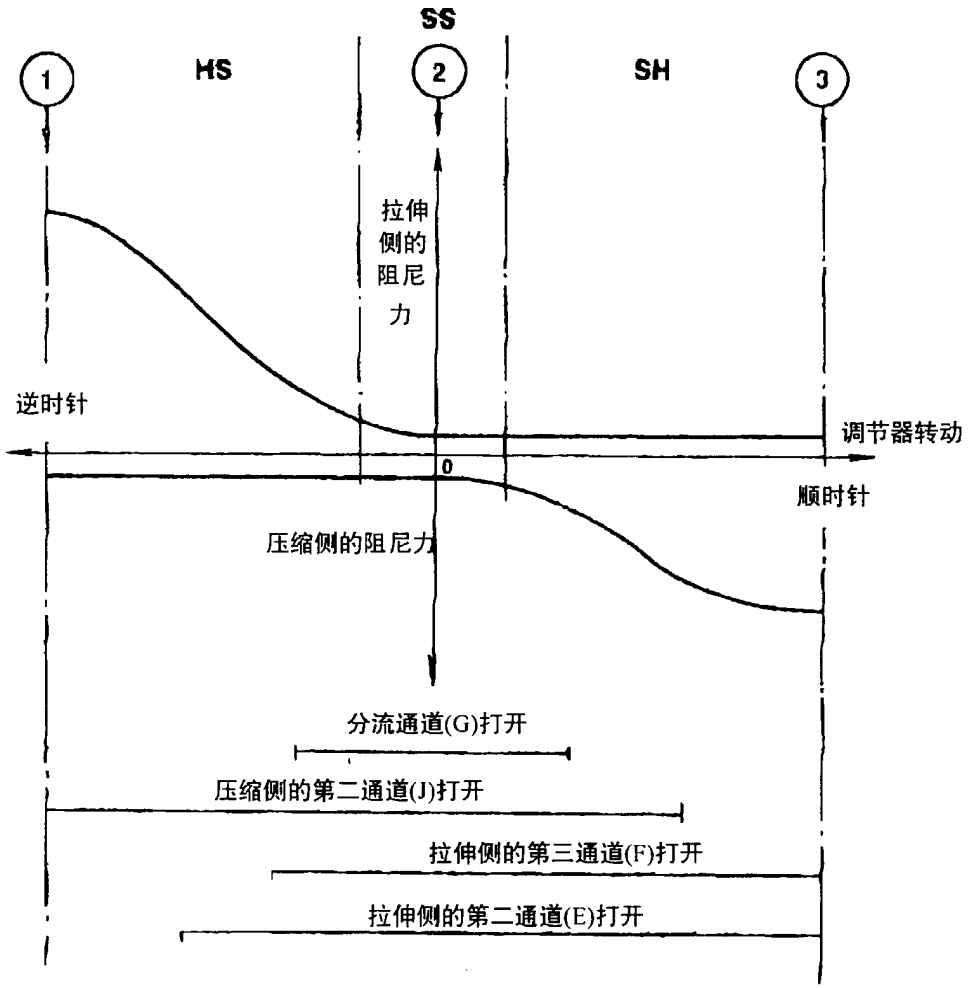

SS
HS
SH
1
2
3
拉伸侧的阻尼力
逆时针
调节器转动
0
顺时针
压缩侧的阻尼力
分流通道(G)打开
压缩侧的第二通道(J)打开
拉伸侧的第三通道(F)打开
拉伸侧的第二通道(E)打开

图 6

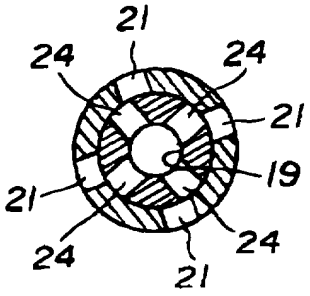


图 7A

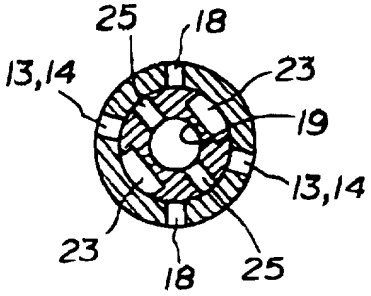


图 7B

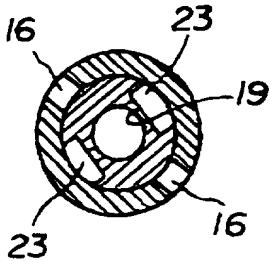


图 7C

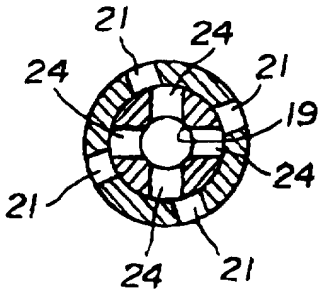


图 8A

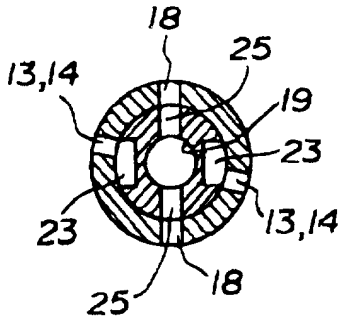


图 8B

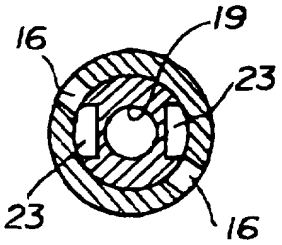


图 8C

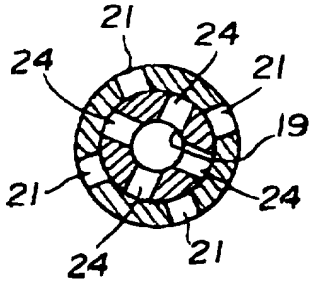


图 9A

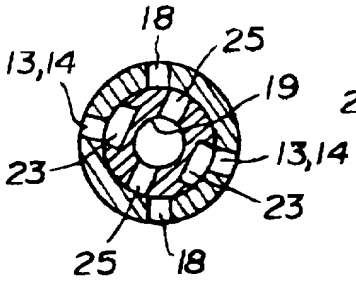


图 9B

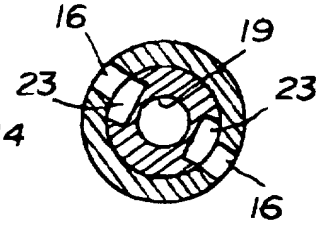


图 9C

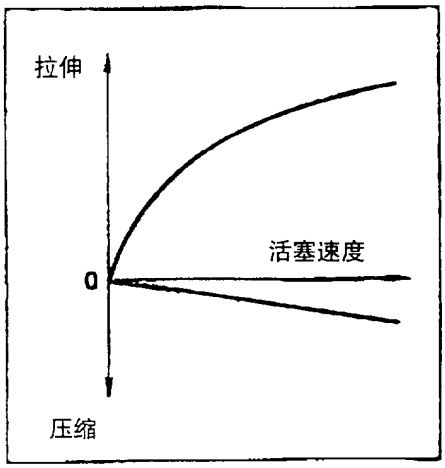


图 10

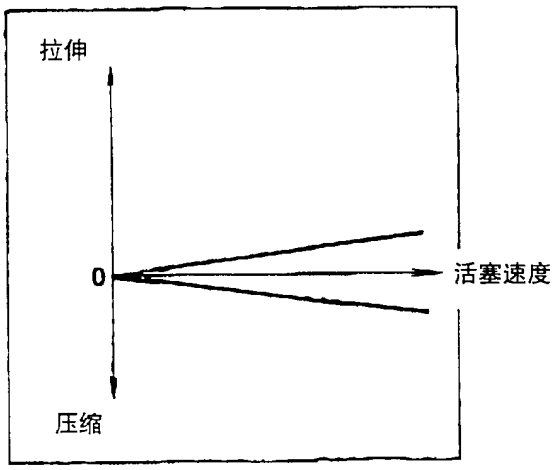


图 11

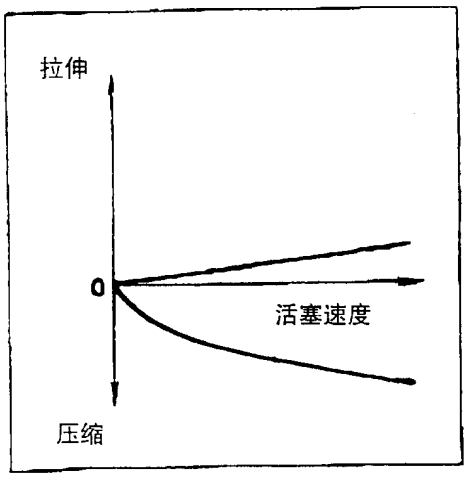


图 12

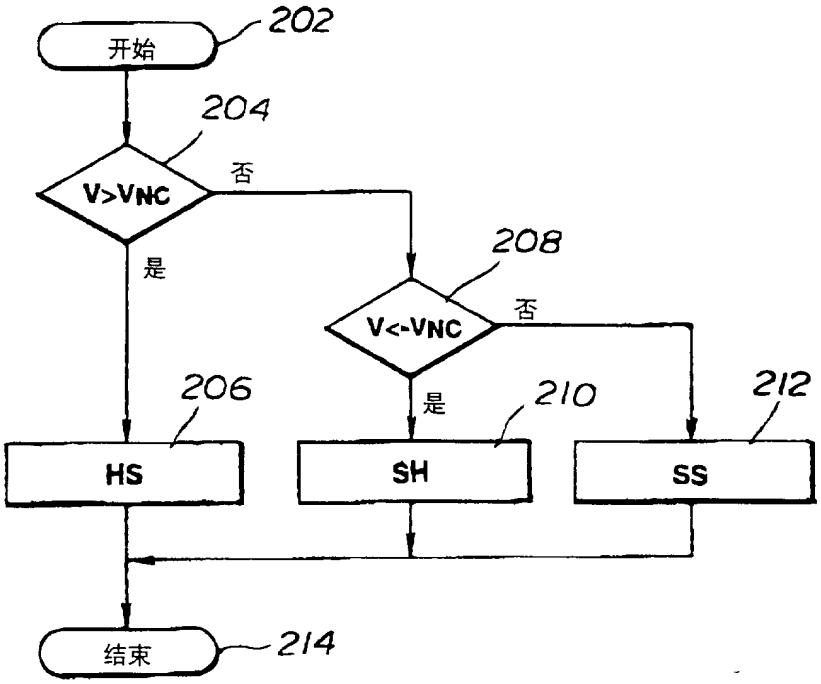


图 13

图 14A



图 14B

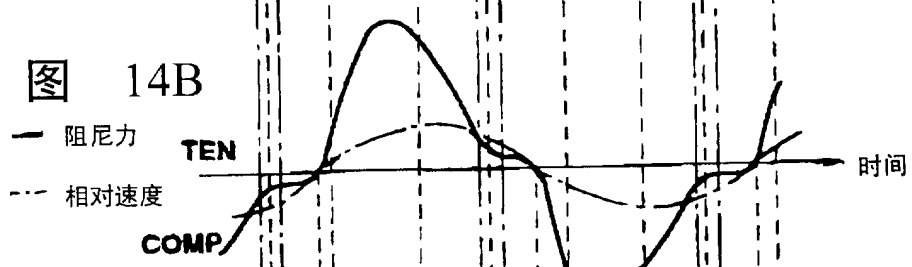


图 14C

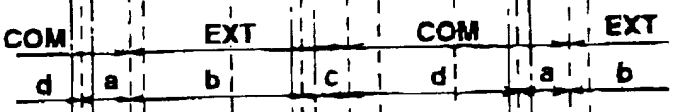


图 14D

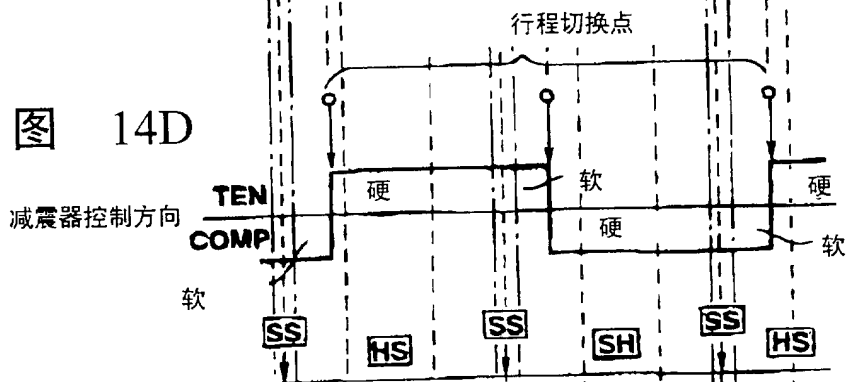
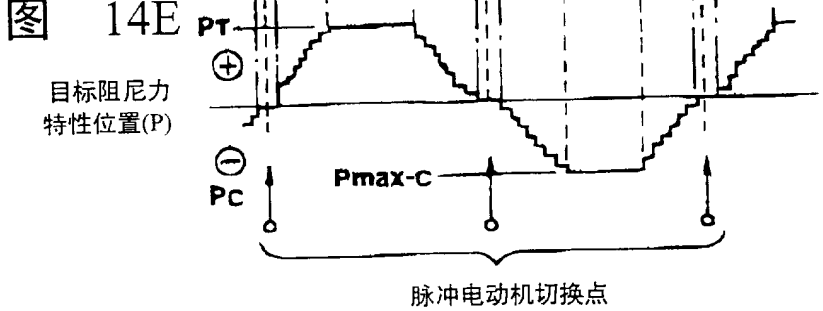


图 14E



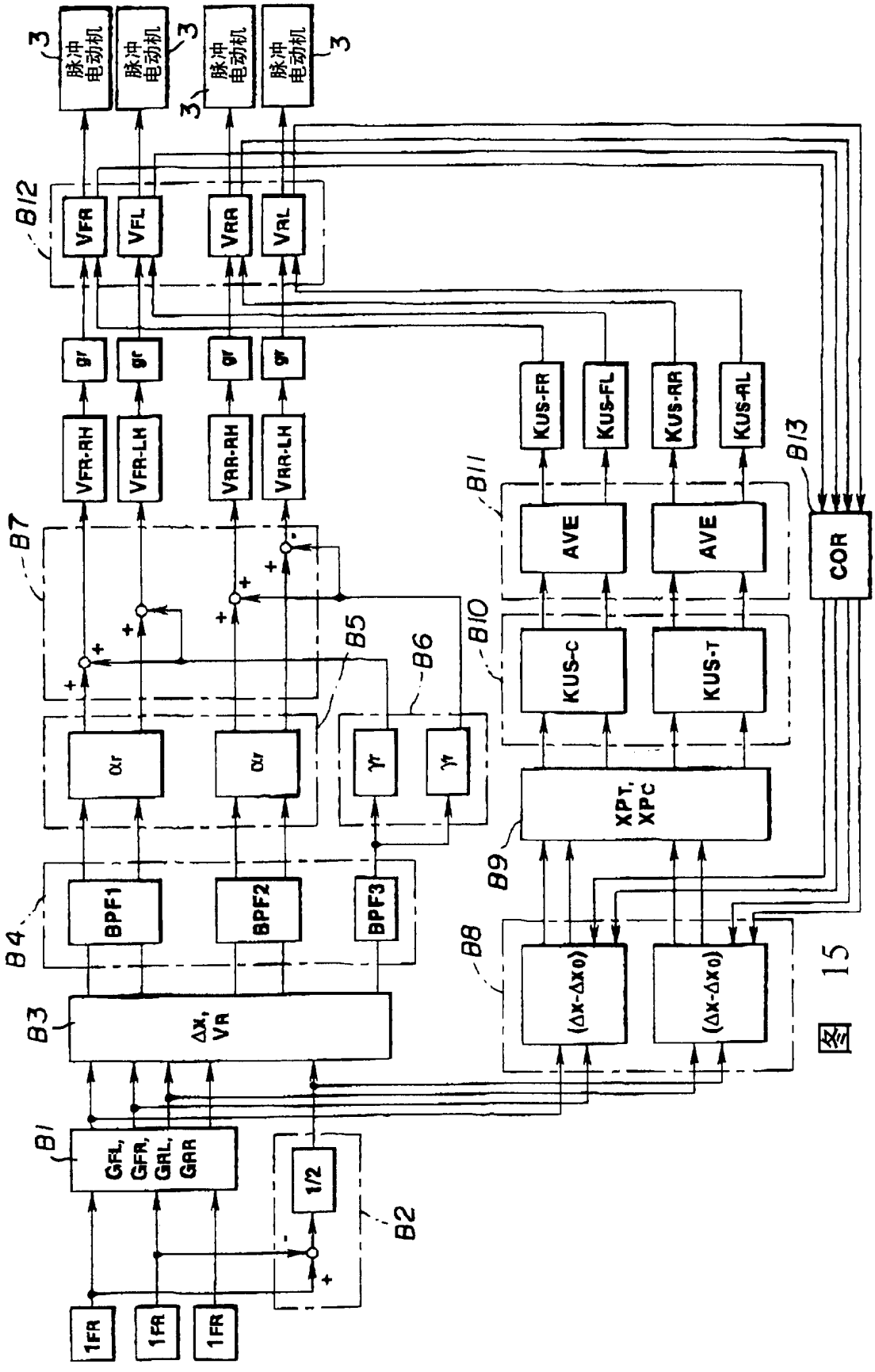

1FR
1FR
1FR
B1
GFL, GFR, GAL, GAR
1/2
B2
B3
Δx, VR
B4
BPF1
BPF2
BPF3
B5
B6
B7
αr
αr
γr
γr
VFR-RH
VFR-LH
VRR-RH
VRR-LH
gr
gr
gr
gr
B12
VFR
VFL
VRR
VRL
3
脉冲电动机
3
脉冲电动机
3
脉冲电动机
3
脉冲电动机
B8
(Δx-Δx0)
(Δx-Δx0)
B9
XPT, XPC
B10
KUS-C
KUS-T
B11
AVE
AVE
KUS-FR
KUS-FL
KUS-RR
KUS-RL
B13
COR

图 15

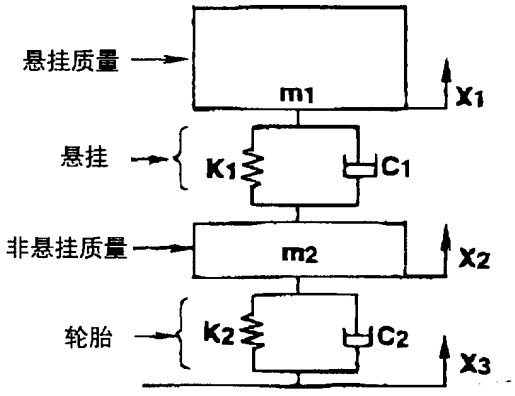


图 16

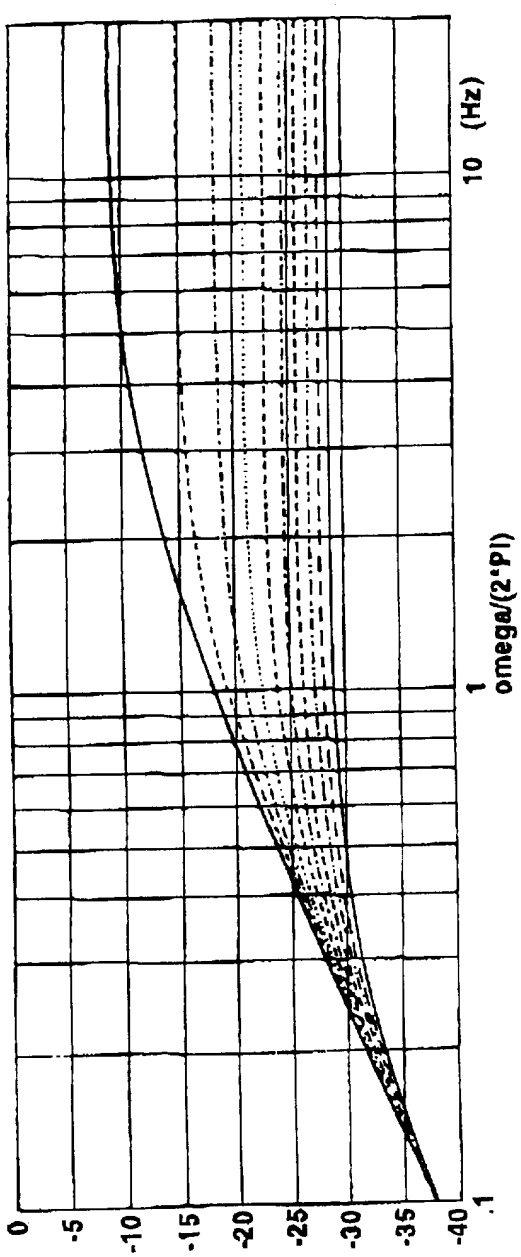

0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
增益
.1
1
10 (Hz)
omega/(2*PI)

图 17A

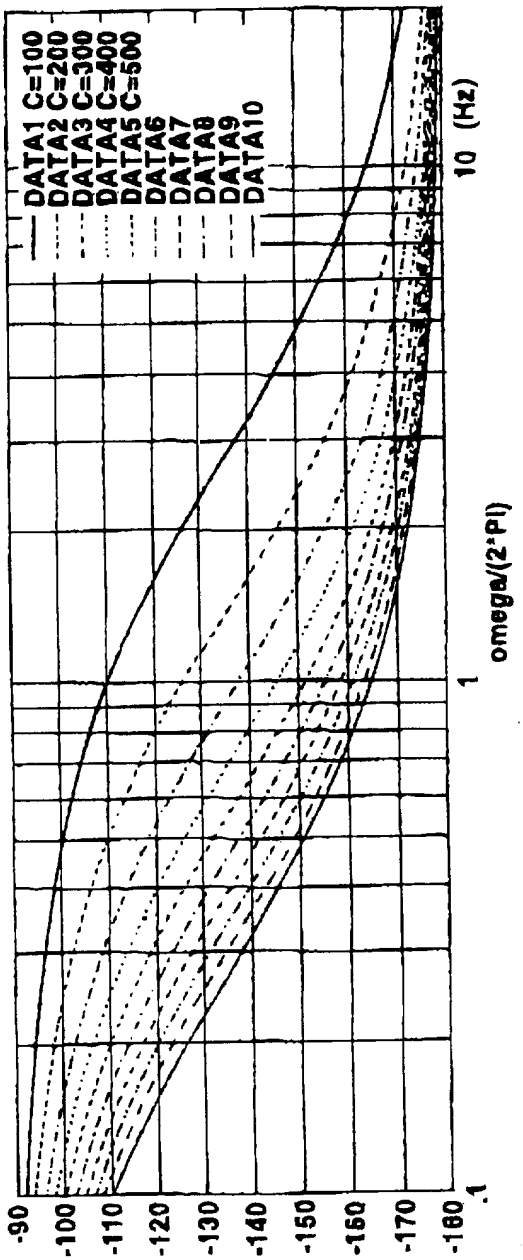

DATA1 C=100
DATA2 C=200
DATA3 C=300
DATA4 C=400
DATA5 C=500
DATA6
DATA7
DATA8
DATA9
DATA10
-90
-100
-110
-120
-130
-140
-150
-160
-170
-180
相位
.1
1
10 (Hz)
omega/(2*PI)

图 17B

图 18A

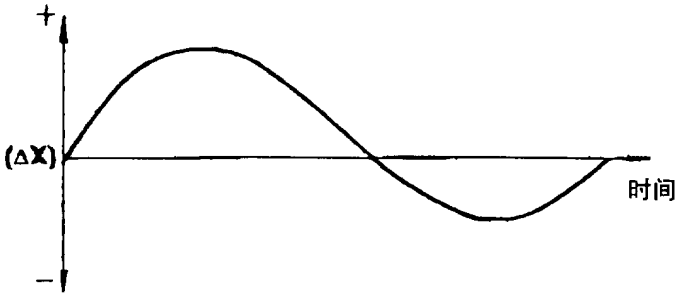


图 18B

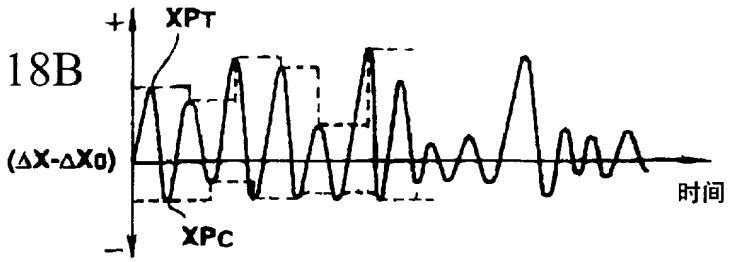


图 18C

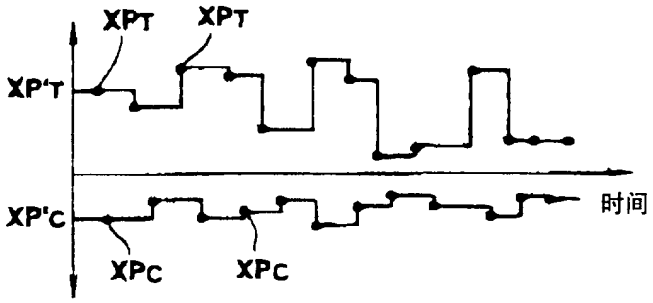


图 18D

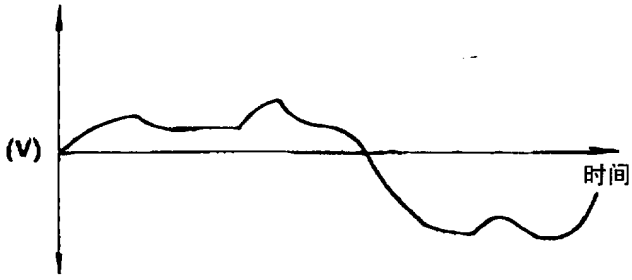


图 18E

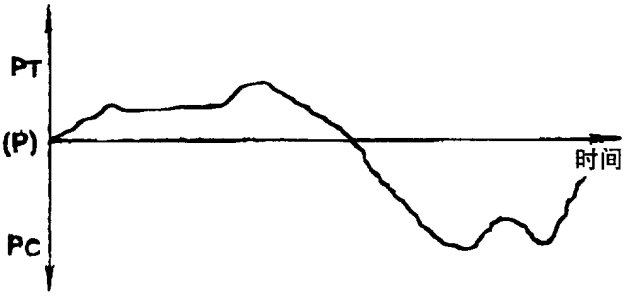


图 19A

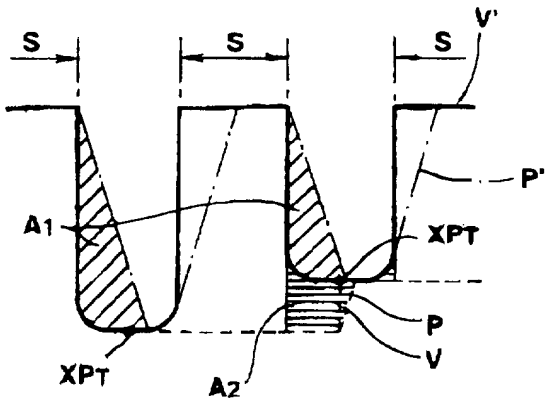


图 19B

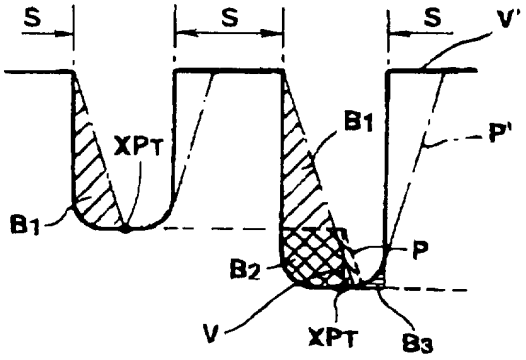
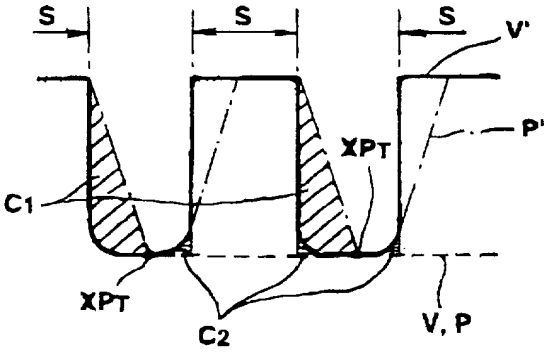
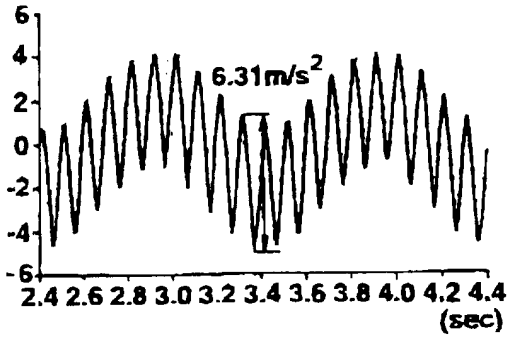


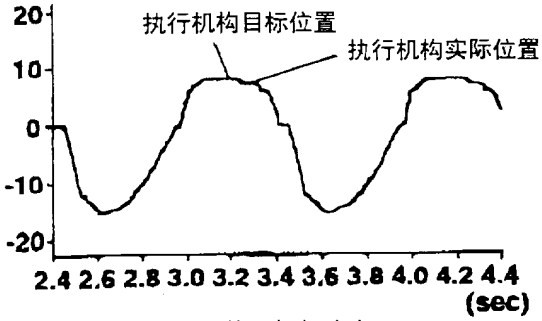
图 19C





实际加速度

图 20A



执行机构目标加速度
和实际加速度

图 20B

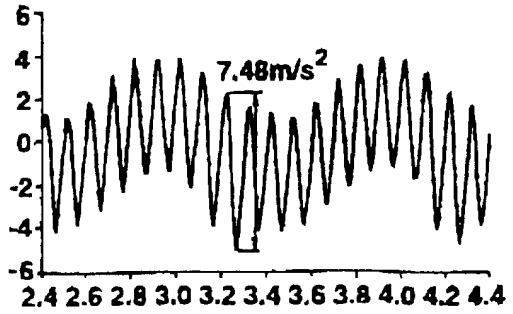


图 21A

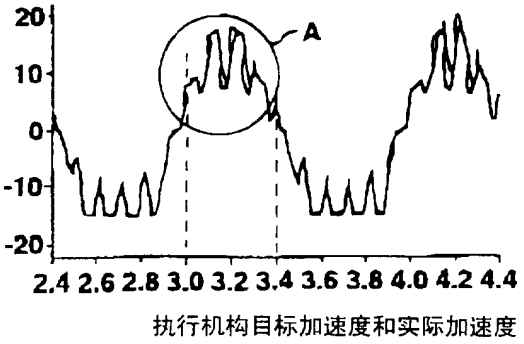


图 21B

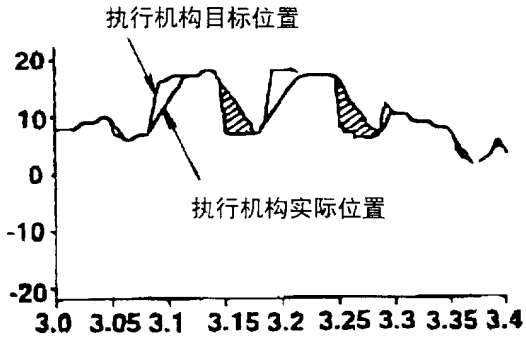


图 21C

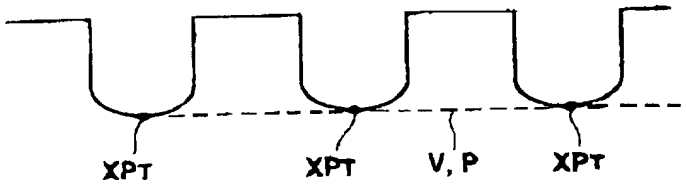


图 22A

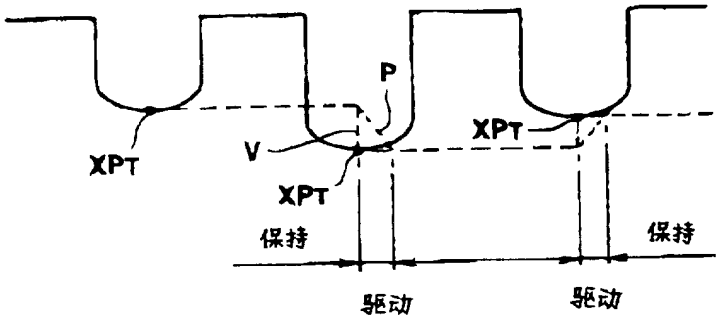


图 22B

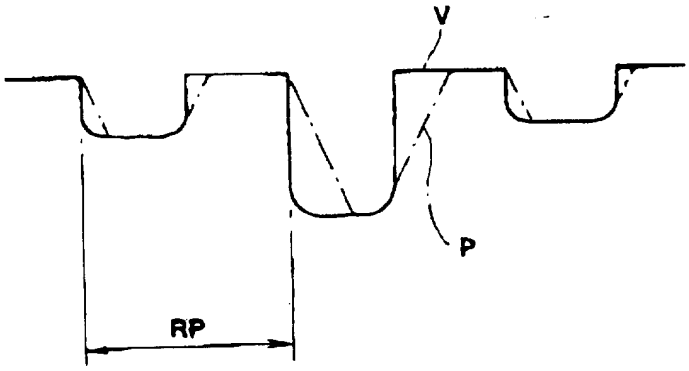


图 22C

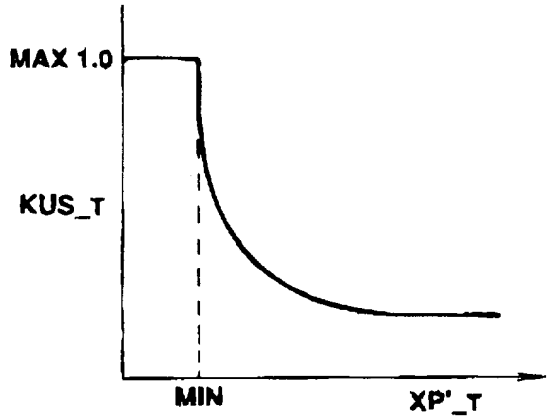


图 23A

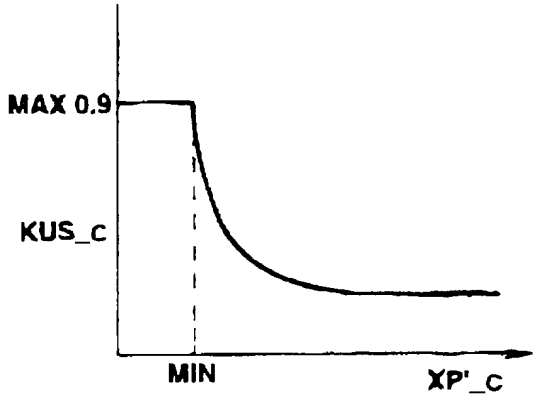


图 23B

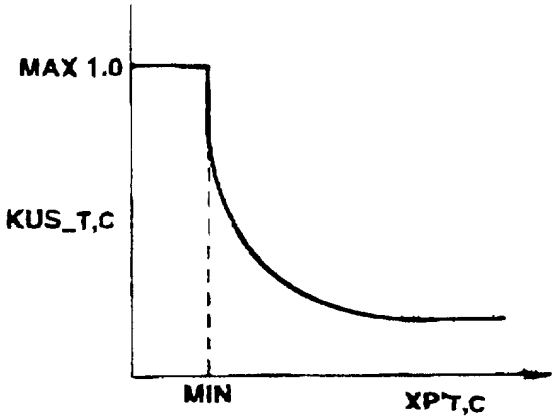


图 23C