



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 95118661.2

[51]Int.Cl<sup>6</sup>

B60G 17/00

[43]公开日 1996年7月24日

[22]申请日 95.9.29

[30]优先权

[32]94.9.29 [33]JP[31]235468 / 94

[71]申请人 株式会社优尼希雅杰克斯

地址 日本神奈川县

[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

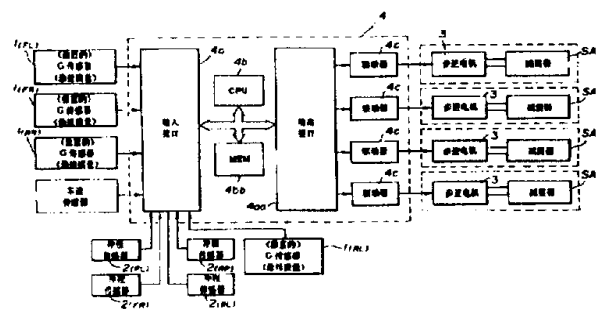
代理人 张政权

权利要求书 10 页 说明书 29 页 附图页数 16 页

[54]发明名称 控制车辆悬挂系统减振力特性的装置和方法

[57]摘要

控制车辆悬挂系统减振力特性的装置和方法，即使采用步进电机这样的与减震器相连和不能对非悬挂质量的谐振频率作出响应的低响应特性和廉价的执行器，也能产生按理想 sky Hook 理论的控制力 F，根据悬挂质量垂直速度和车体（悬挂质量）和车轮部件（非悬挂质量）间的相对速度，利用信号处理器（电路）形成控制信号，使该控制信号以低频频带产生。每一减震器的减振力特性按产生的控制信号控制。



## 权 利 要 求 书

---

1. 一种用于车辆悬挂系统的装置, 所述悬挂系统具有装在由车体构成的悬挂质量和相应的车轮之一构成的非悬挂质量间的减震器装置, 所述装置包括:

a) 减振力特性变换装置, 它对驱动指令作出响应, 用以变换所述减震器装置的伸展或压缩相中任一相位的减振力特性, 并在其伸展或压缩相中的另一相位提供一较低减振力特性;

b) 第一检测装置, 用以检测作为悬挂质量的车体的状态, 并输出一表征该车体状态的第一信号;

c) 速度转换装置, 用以将所述第一检测装置输出的第一信号转换为一表征所述悬挂质量的悬挂质量垂直速度的第二信号;

d) 第二检测装置, 用以检测所述悬挂质量和非悬挂质量间的相对位移, 并根据测得的悬挂质量和非悬挂质量间的位移, 输出一表征悬挂质量和非悬挂质量间相对速度的第三信号;

e) 控制信号形成装置, 用以根据所述速度转换装置输出的第二信号和所述第二检测装置输出的第三信号, 形成并输出一控制信号;

f) 控制装置, 用以根据所述控制信号, 通过所述减振力特性变换装置控制所述减震器装置的减振力特性, 使得当所述速度转换装置输出的第二信号的方向判别符号相对悬挂质量显示为向上时, 所述减震器的伸展相减振力特性被可变化地控制, 和当所述控制装置的所述方向判别符号相对悬挂质量显示为向下时, 压缩相的减振力特性被控制, 该控制装置还包括一与装在所述减震器装置中的所述

减振力特性变换装置相连的低响应特性执行器,并且其中所述控制信号形成装置形成一较低频率段控制信号,使按照该控制信号对所述执行器发出的驱动指令的驱动和保持命令间的负载比,在所述控制信号不发生任何变化时变得较小,而即使所述控制信号发生较大变化时,也变为只有一半,这样,所述执行器便可追随所述控制信号的变化。

2. 如权利要求1所述的用于车辆悬挂系统的装置,其特征在于所述控制信号形成装置包括伸展相和压缩相处理信号形成装置,用以检测所述第二检测装置在伸展相输出的第三信号的峰值,并将测得的峰值保持到由其检测出下一峰值,以及检测压缩相的所述第三信号的另一峰值,并将测得的该另一峰值保持到检测出下一个另一峰值,以分别形成伸展相处理信号和压缩相处理信号,从而按照所述第二检测装置输出的所述第三信号的方向判别符号检测出所述峰值,并且其中所述控制信号形成装置形成和输出的所述控制信号与由所述速度转换装置输出的第二信号的一个值成正比例,该值为第二信号的值除以与所述速度转换装置输出的所述第二信号的方向判别符号相一致的所述伸展和压缩相任意之一的处理信号获得的。

3. 如权利要求1所述的用于车辆悬挂系统的装置,其特征在于所述控制信号形成装置包括处理信号形成装置,用以检测所述第二检测装置输出的所述第三信号的峰值的绝对值,并将该峰值绝对值保持到检测出下一峰值绝对值,以形成一处理信号,并且其中所述控制信号形成装置形成的控制信号与所述速度转换装置输出的所述第二信号的一个值成正比例,该值为第二控制信号除以所述处理

信号获得的。

4. 如权利要求1所述的用于车辆悬挂系统的装置,其特征在于所述的控制信号形成装置包括:

伸展相和压缩相处理信号形成装置,用以相应地检测伸展相中所述第二检测装置输出的第三信号的峰值,并将测出的峰值保持到由其检测到下一峰值,并用以相应地检测压缩相的第三信号的另一峰值并将测出的另一峰值保持到由其检测出下一个另一峰值,以分别形成伸展相处理信号和压缩相处理信号;所述各峰值是按照所述第二检测装置输出的所述第三信号的方向判别符号检测的;和

伸展和压缩相再处理信号形成装置,用以形成一与所述伸展相处理信号成反比例的伸展相再处理信号和一与所述压缩相处理信号成反比例的压缩相再处理信号,并且其中所述控制信号形成装置形成和输出的控制信号与由所述第二检测装置输出的第三信号乘以与由所述速度转换装置输出的第二信号的方向判别符号一致的所述伸展相或压缩相再处理信号中任一信号获得的值成正比例。

5. 如权利要求1所述的用于车辆悬挂系统的装置,其特征在于控制信号形成装置包括:

处理信号形成装置,用以检测所述第二检测装置输出的所述第三信号的峰值绝对值,并将该峰值绝对值保持到由其检测出下一个峰值绝对值,以形成处理信号;和

再处理信号形成装置,用以形成一与所述处理信号成反比例的再处理信号,并且其中所述控制信号形成装置形成的所述控制信号与所述速度转换装置输出的所述第二信号乘以所述再处理信号获得的一个值成正比例。

6. 如权利要求2所述的用于车辆悬挂系统的装置,它还包括伸展和压缩相再处理信号形成装置,用以形成和输出伸展和压缩相再处理信号( $KUS_{-T}$ 信号 $KUS_{-C}$ ),该再处理信号与代表目前被保持的峰值( $XP_T, XP_C$ )的伸展和压缩相处理信号( $XP'_T$ 和 $XP'_C$ )成反比例( $KUX_{-T}=1/XP'_T, KUS_{-C}=1/XP'_C$ );和平均装置,用以平均所述伸展和压缩相再处理信号( $KUS_{-T}, KUS_{-C}$ ),以产生和输出经平均的伸展和压缩相再处理信号( $KUS'_{-T}, KUS'_{-C}$ ),所述平均伸展和压缩相再处理信号提供给所述控制信号发生装置,以产生所述控制信号。

7. 如权利要求4所述的用于车辆悬挂系统的装置,它还包括平均装置,用以平均所述伸展和压缩相再处理信号( $KUS_{-T}, KUS_{-C}$ )以产生和输出经平均的伸展和压缩相再处理信号( $KUS'_{-T}, KUS'_{-C}$ ),所述平均伸展相和压缩相再处理信号提供给所述控制信号发生装置,以产生所述控制信号。

8. 如权利要求7所述的用于车辆悬挂系统的装置,其特征在于所述控制信号包括一伸展相控制信号( $V_{-T}$ ),它在所述减震器装置进入伸展相对起作用,和一压缩相控制信号( $V_{-C}$ )它在所述减震器装置进入压缩相时起作用,所述伸展和压缩相控制信号均根据所述速度转换装置输出的第二信号( $\Delta X$ )和经平均的伸展和压缩相再处理信号( $KUS'_{-T}, KUS'_{-C}$ )产生和输出。

9. 如权利要求8所述的用于车辆悬挂系统的装置,其特征在于所述的减震器装置包括4个减震器,它们均具有相同的结构,并位于前左,前右,后左和后右车轮所在位置,并且其中所述第一检测装置包括4个悬挂质量垂直加速度传感器和速度转换装置,它们按照作为从所述各悬挂质量垂直加速度传感器获得的第一信号的各悬挂

质量加速度信号确定前左,前右,后左和后右车轮侧,悬挂质量垂直加速度。

10. 如权利要求9所述的用于车辆的悬挂系统的装置, 它还包括横摇加速度确定装置, 用以根据前车轮侧悬挂质量垂直加速度 ( $G_{FL}, G_{FR}$ ), 按照下述公式确定横摇加速度 ( $G_R$ ):  $G_R = (G_{FL} - G_{FR}) / 2$ 。

11. 如权利要求10所述的用于车辆悬挂系统的装置, 其特征在于所述的悬挂质量垂直加速度转换装置包括一低通滤波器。

12. 如权利要求10所述的用于车辆悬挂系统的装置, 其中还包括: 带通滤波器, 用以从构成第二信号和从所述速度转换装置获得的悬挂质量垂直加速度 ( $V'_{FR}, V'_{FL}, V'_{RL}, V'_{RR}$ ) 中获取具有预定的悬挂质量角振动谐振频率带的角振动速度信号 ( $V_{BFR}, V_{BRL}, V_{BLL}, V_{BRR}$ )。

13. 如权利要求12所述的用于车辆悬挂系统的装置, 其中还包括悬挂质量分信号确定装置, 用以按下列公式确定各控制信号的悬挂质量分信号 ( $V_H$ ):

前右车轮侧:

$$V_{FR-RH} = \alpha_f \cdot V_{BFR} + I_f \cdot V_R,$$

前左车轮侧:

$$V_{FL-LH} = \alpha_f \cdot V_{BFL} + I_f \cdot V_R,$$

后右车轮侧:

$$V_{RR-RH} = \alpha_f \cdot V_{BRR} + \Gamma_r \cdot V_R, \text{ 和}$$

后左车轮侧:

$$V_{RL-LH} = \alpha_f \cdot V_{BRL} - \Gamma_r \cdot V_R,$$

其中  $\alpha_f$  和前车轮侧悬挂质量角振动系数,  $\alpha_r$  为后车轮侧悬挂质量角振动系数,  $\Gamma_f$  为前车轮侧横摇系数,  $\Gamma_r$  为后车轮侧横摇系数, 和  $V_R$  为横摇分信号。

14. 如权利要求13所述的用于车辆悬挂系统的装置, 其特征在于前右, 前左, 后右和后左车轮侧伸展相和压缩相控制信号 ( $V_{FR-T}$ ,  $V_{FR-C}$ ,  $V_{FL-T}$ ,  $V_{FL-C}$ ,  $V_{RR-T}$ ,  $V_{RR-C}$ ,  $V_{RL-T}$ ,  $V_{RL-C}$ ) 中的每一信号由下列公式获得:

前右车轮侧:

$$V_{FR-T} = g_f \cdot V_{FR-RH} \cdot KUS'_{-FR-T},$$

$$V_{FR-C} = g_f \cdot V_{FR-RH} \cdot KUS'_{-FR-C},$$

前左车轮侧:

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

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

后右车轮侧:

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

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

后左车轮侧:

$$V_{RL-T} = g_r \cdot V_{RL-LH} \cdot KUS'_{-RL-T}$$

$$V_{RL-C} = g_r \cdot V_{RL-LH} \cdot KUS'_{-RL-C}$$

其中 $g_f$ 为前车轮侧减振力的总控制增益,和 $g_r$ 为后车轮侧减振力的总控制增益。

15. 如权利要求14所述的用于车辆悬挂系统的装置,其中还包括:比较装置,用以将每一由所述处理信号形成装置获得的所述伸展相处理信号( $XP'_T$ )和所述压缩相处理信号( $XP'_C$ )与一预定最小值(MIN)比较,以确定该信号( $XP'_T$ )是否等于或小于该预定的最小值(MIN),和一设定装置,用以设定伸展相再处理信号( $KUS_{-T}$ )或压缩相再处理信号( $KUS_{-C}$ ),它们被确定为等于相对某一预定最大值

(MAX)而言的所述预定最小值(MIN)或小于该最小值(MIN)。

16. 如权利要求14所述的用于车辆悬挂系统的装置,其特征在于所述的执行器包括一与每一所述减震器的一个调节器相连的步进电动机和一能对相应一个所述减震器的所述控制信号作出响应的驱动器,该驱动器布置和构造成能为该步进电动机提供一驱动信号,使所述调节器能将所述减震器的所述伸展相或压缩相的减振力调至目标减振力。

17. 如权利要求1所述的用于车辆悬挂系统的装置,其特征在于所述的减震器装置设有变换减振力特性的装置,使得所述减震器装置被伸展或被压缩的两相的一相按照所述控制信号的大小和方向控制,而两相中的另一相固定在预定的软减振力特性,并且其中由所述速度转换装置输出的第三信号的符号相对于车体显示为向上时,减震器装置的伸展相减振力特性按所述减振力特性控制装置的控制信号进行控制,以及当所述第三信号的符号显示向下时,压缩相的减振力特性亦按照该控制信号控制。

18. 如权利要求12所述的用于车辆悬挂系统的装置,它还包括悬挂质量分信号确定装置,用以确定一悬挂质量分信号( $V_H$ ),并且其中每一所述各控制信号( $V_H$ 或 $V_T$ 和 $V_C$ )由下式表述:

$$V_T = g \cdot V_H / XP'_T, \text{ 和}$$

$$V_C = g \cdot V_H / XP'_C, \text{ 其中 } g \text{ 为一预定控制增益。}$$

19. 如权利要求12所述的用于车辆悬挂系统的装置,其特征在

于所述的控制信号用下式表述:

$V=g \cdot V_H/XP'_{T,C}$ , 其中 $XP'_{T,C}$ 为代表目前保持的所述第一信号峰值的绝对值 $XP'_{T,C}$ 的处理信号。

20. 如权利要求12所述的用于车辆悬挂系统的装置, 其特征在于所述控制信号用下式表述:

$V=g \cdot V_H/XP'_{-T,C}$ , 其中 $g$ 为一预定控制增益, 而 $KUS_{-T,C}$ 用下式表述:

$KUS_{-T,C}=1/XP'_{T,C}$ , 其中 $XP'_{T,C}$ 为代表目前保持的所述第二检测装置输出的第三信号的峰值绝对值的再处理信号。

21. 如权利要求18所述的用于车辆悬挂系统的装置, 其特征在于所述伸展相处理信号 $XP'_{T-n}$ 和压缩相处理信号 $XP'_{C-n}$ 按下式表述的伸展和压缩相平均峰值求出:

$$XP_{T-n} = (\alpha \cdot XP_{T(n)} + \beta \cdot XP_{T(n-1)} + \gamma \cdot XP_{T(n-2)} + \eta \cdot XP_{T(n-3)}) \times (1/(\alpha + \beta + \gamma + \eta))$$

其中 $n$ 为整数, 而 $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ 和 $\eta$ 为加权系数。

22. 如权利要求3所述的用于车辆悬挂系统的装置, 其特征在于所述的峰值 $XP_{T,C}$ 的绝对值用下式表述:

$$XP_{C-n} = (\alpha \cdot XP_{C(n)} + \beta \cdot XP_{C(n-1)} + \gamma \cdot XP_{C(n-2)} + \eta \cdot XP_{C(n-3)}) \times (1/(\alpha + \beta + \gamma + \eta))$$

其中 $n$ 为整数, 而 $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ 和 $\eta$ 为加权系数。

23. 如权利要求14所述的用于车辆悬挂系统的装置,它还包括一车速传感器,它布置和构造成能检测车速并输出一车速表征信号,并且其中的 $g_x$ 和 $g_z$ 随车速变化。

24. 一种控制车辆悬挂系统减振力特性的方法,所述车辆悬挂系统具有减震器装置,它设置在由相应车体构成的悬挂质量和由相应车轮之一的非悬挂质量之间,所述方法包括如下步骤:

a) 检测作为悬挂质量的车体状态,并输出一表征车体状态的第一信号;

b) 将所述检测装置输出的第一信号转换为表征所述悬挂质量的悬挂质量垂直速度的第二信号;

c) 检测所述悬挂质量和非悬挂质量间的相对位移,并根据检测到的它们之间的相对位移,输出一表征悬挂质量和非悬挂质量间相对速度的第三信号;

d) 按照所述步骤b)输出的第二信号和步骤c)输出的第三信号产生和输出控制信号,所述控制信号供至一执行器,使所述减震器装置施加的减振力得到控制,其中所述执行器为一低响应特性执行器,并且其中所述步骤d)产生的以较低频率频带出现的控制信号被确认,使按照该控制信号产生的对所述执行器的驱动指令的驱动和保持间的负载比,在所述控制信号不发生任何变化时变得相对小,即使在所述控制信号变化相当大时,也仅变为一半,从而所述执行器得以追随所述控制信号的变化。

# 说 明 书

---

## 控制车辆悬挂系统减振力特性的装置和方法

本发明涉及以优化方式控制机动车辆悬挂系统减振力特性的装置和方法。

日本专利申请第一次公开文本昭和61-163011号以举例方式提出了第一种现有悬挂系统的减振力特性控制装置,该悬挂系统具有多个减震器。

在上述第一种现有悬挂系统的减振力特性控制装置中,悬挂质量垂直速度表征信号和由车体组成的悬挂质量和由相应车轮组成的非悬挂质量间的相对速度表征信号,以及位于第一减震器附近某一部位的悬挂质量和非悬挂质量均被检测和输出。

如果悬挂质量垂直速度表征信号和相对速度表征信号的方向判别信号彼此一致,则相应的那个减震器的减振力特性被置于硬特性。如果悬挂质量垂直速度信号和非悬挂质量垂直速度信号中的任一信号与两速度信号中的另一信号彼此不一致,则相应的减震器减振力特性被置于软特性。以这样的方式,根据Sky Hook理论的减振力特性控制对各减震器单独地和彼此独立地进行。

另外,日本专利申请第一次公开文本平成4-63712号以举例方式给出了第二种现有悬挂系统减振力特性控制装置,该悬挂系统亦具有多个减震器。

在第二种悬挂系统减振力特性控制装置中,每一减震器采用这样一种减震器,它具有第一方式和第二方式,在第一方式时硬特性显示在伸展相,软特性显示在压缩相,而在第二方式时硬特性显示在压缩相,软特性显示在伸展相。然后,按照悬挂质量垂直速度 $\Delta X$ (以下经常简称为悬挂质量速度)的方向在第一和第二方式间进行转换控制。

更具体地说,在上述第二种现有悬挂系统减振力特性控制装置中,当悬挂质量垂直速度信号 $\Delta X$ 的方向判别信号显示为向上(即为正+),减振力转换控制器切换至第一方式,这样硬减振力特性便显示在伸展相。当悬挂质量垂直速度的方向判别信号显示为向下(即为负-),减振力特性切换至第二方式,这样硬减振力特性便显示在压缩相。然后,需在伸展相或压缩相中,对欲控制的硬减振力特性进一步控制,以提供一个与悬挂质量速度 $\Delta X'$ 值成正比例的减振力特性位置 $P$ ,这样,在减振抑制区,即悬挂质量垂直速度 $\Delta X'$ 与悬挂质量和非悬挂质量间的相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_0)$ 判别信号彼此一致的这一时刻进行控制的伸展相或压缩相中无论那一相的减振特性都被进一步控制,使其硬减振力特性与悬挂质量速度 $\Delta X'$ 成正比例。而在两方向判信号彼此不一致的振荡作用区,需控制的伸展相或压缩相中无论那一相的减振力特性均被控制,以提供一预定低(软)的减振力。按如上所述的Sky Hook基本理论,用相当简单的结构便可获得上述第二种现有悬挂系统减振力控制装置。

在上述各个第一和第二种现有悬挂系统减振力控制装置中,悬挂质量垂直速度 $\Delta X'$ 可通过对由装在相应车体部位的悬挂质量垂直加速度传感器测得的悬挂质量垂直加速度信号求积分或使其通

过一低通滤波器而获得。此外,悬挂质量和非悬质量间的相对速度可通过对装在相应非悬挂质量上的由行程传感器输出的相对位移表征信号求微分或使其通过一高通滤波器而获得。

此外,在每一上述第一和第二现有悬挂系统减振力控制装置中,有可能按照需控制的减震器的伸展相或压缩相的无论那一相执行基本的sky Hook理论控制。理想的基于比例控制的sky Hook理论中,控制力 $F$ 与悬挂质量垂直速度 $\Delta X'$ 成正比例,这表示在公式(1)中:

$$F=g \cdot \Delta X' \quad (1)。式中g表示控制增益系数。$$

然而在每一上述第一和第二现有悬挂系统减振力控制装置中,减振力系数 $C$ 与悬挂质量垂直速度 $\Delta X'$ 成正比例,表示为:

$$C=g \cdot \Delta X' \quad \dots\dots (2)$$

换言之,理想的sky Hook控制公式由下式建立:

$$F=C(\Delta X' - \Delta X'_{。})=g \cdot \Delta X' \quad \dots\dots (3)$$

如果减振力系数 $C$ 由公式(3)导出,则减振力系数 $C$ 与表征悬挂质量速度 $\Delta X'$ 除以相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_{。})$ 的信号成正比例,它用下列公式(4)表示。

$$C=g \cdot \Delta X' / (\Delta X' - \Delta X'_{。}) \quad \dots\dots (4)$$

然而,在每一上述第一和第二种现有悬挂系统控制装置中,减振力系数C仅与悬挂垂直速度 $\Delta X'$ 成正比例,因此,该控制力F随相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_{。})$ 的变化而变化。

更具体地说,由于在每一上述第一和第二种现有悬挂系统减振力控制装置中,减振力系数C(=相应的一个减震器的减振力特征位置P)被确定为一个仅取决于悬挂质量垂直速度 $\Delta X'$ 值的一个数值。因此,在瞬时相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_{。})$ (=减震器的冲击速度)与先前的相对速度不同的情况下,即使悬挂质量垂直速度 $\Delta X'$ 在同一时刻保持相同,也会导致控制力F的过大或不足。也就是说,在减振力特征位置P(减振力系数C)的值被定义某一时刻的悬挂质量垂直速度 $\Delta X'$ 的情况下,当瞬时相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_{。})$ 较小时,减振力C(控制力F)仅给出一个较小值。这样,控制力F便不足以抵抗悬挂质量,以致车辆驾驶员感到好象在驾驶以非常低的频率和大幅度振动的车身。另一方面,如果瞬时相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_{。})$ 较大,则减振力C(控制力F)又过大(强)。因此,控制力F对悬挂质量过大,以致车辆驾驶员感觉好象在驾驶以较低频率和小振幅振动或以较高频率和小振幅振动的车身。

为模拟上述不足或过大的减振力(控制力),在每一上述第一和第二种现有悬挂系统减振力特性控制装置中,除检测悬挂质量垂直速度 $\Delta X'$ 外,还检测相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_{。})$ 。然后相应的一个减震器的减振力特性控制按采用悬挂质量垂直速度信号 $\Delta X'$ 和相对速度信号 $(\Delta X' - \Delta X'_{。})$ 组成的控制信号 $V(=C=g \cdot \Delta X' / (\Delta X' - \Delta X'_{。}))$

进行。这样,上述不足或过大的控制力可从理论上得到解决。

然而,上述控制信号V的主要成份中,由于在相对速度信号( $\Delta X' - \Delta X'$ )中存在非悬挂质量谐振频率(10至15Hz),高频波信号占主导地位。因此有必要提供一种高响应特性的执行器以立即响应于高频波控制信号驱动减振力特征位置P的转换。

也就是说,在具有较低响应特性的低成本(廉价)执行器不具有响应非悬挂质量谐振频率能力的情况下,相应的一个减震器的减振力特征位置P的转换不能追随控制信号V的变化。换句话说,由于执行器在响应于具有与非悬挂质量谐振频率相应频率的控制信号转换减振力特征位置P方面的滞后,控制力不能理想地降低,因而产生过大的控制力。

尽管通过采用能对具有等于或高于非悬挂质量谐振频率的控制信号作出响应的高响应特性执行器可以解决上述控制力不足和过大的问题,但要制造这样的高响应执行器是非常困难的,即使能制造,其制造成本也很高。此外,由于驱动执行器以转换减振力特征位置P的次数过于频繁,要求上述高响应特性执行器具有非常高的耐用度。因此,降低其成本实际上是非常困难的。

本发明的目的是提供一种控制车辆悬挂系统减振力的装置和方法,即使采用了能响应非悬挂质量谐振频率的具有较低响应特性的执行器,也能获得基于理想sky Hook理论的控制力。

按照本发明的一个方面,为车辆悬挂系统提供了一种装置,所述悬挂系统具有减震器装置,它设置在由车体构成的悬挂质量和由相应一个车轮构成的非悬挂质量之间,所述装置包括:a) 响应于驱动指令的减振力特性变换装置,用以在所述减震器的伸展或压缩相

位中的任一相位改变减振力特性,并在其伸展或压缩相位中的另一相位,提供一较低的减振力特性;b) 第一检测装置,用以检测作为悬挂质量的车体的状态,并输出一表征车体状态的第一信号;c) 速度转换装置,用以将第一检测装置输出的第一信号转换成表征该悬挂质量的悬挂质量速度的第二信号;d) 第二检测装置,用以检测悬挂质量和非悬挂质量间的相对位移,并根据测出的它们之间的相对位移输出表征悬挂质量和非悬挂质量间的相对速度的第三信号;e) 控制信号形成装置,用以根据所述速度转换装置输出的第二信号和所述第二检测装置输出的第三信号形成并输出控制信号;和f) 控制装置,用以根据所述控制信号,通过所述减振力特性变换装置,控制所述减震器装置的减振力特性,使得当所述速度转换装置输出的第二信号的一个方向判别信号相对悬挂质量显示为向上时,在所述减震器的伸展相位可变化地控制减振力特性,以及当所述控制装置的方向判别信号显示为相对悬挂质量向下时,压缩相位的减振力特性被控制。该装置还包括一低响应特性执行器,它与装在所述减震器装置中的减振力特性转换装置相连,并且其中所述的控制信号形成装置形成的控制信号具有较低的频率带,使得当所述控制信号不发生任何变化时,按照所述控制信号产生的对所述执行器的所述驱动指令的驱动和保持间的负载比变得相对小,即使所述控制信号的变化相当大,负载比也只是一半,从而所述执行器可随所述控制信号变化。

按照本发明的另一方面,提供了一种控制车辆悬挂系统的减振力特性的方法,所述的悬挂系统具有设在由车体构成的悬挂质量和由相应的一个车轮构成的非悬挂质量之间的减震器装置,所述的方

法包括如下步骤:a)检测作为悬挂质量的车体的状态,并输出表征该车体状态的第一信号;b)将所述检测装置输出的第一信号转换为表征该悬挂装置的悬挂质量垂直速度的第二信号;c)检测悬挂质量和非悬挂质量间的相对位移,并根据测得的它们之间的相对位移输出表征悬挂装置和非悬挂质量间的相对速度的第三信号;和d)按照所述步骤b)输出的第二信号和步骤c)输出的第三信号,产生和输出控制信号,所述控制信号提供给执行器,使所述减震器装置施加的减振力得到控制。其中所述的执行器为低响应特性执行器,并且在其中的步骤d)具有较低频率带的控制信号被确认,使得在所述控制信号不发生任何变化时,按照该控制信号产生的提供给所述执行器的驱动指令的驱动和保持间的负载比变得相对小,即使在所述控制信号的变化变得相当大时,该负载比只有一半,从而所述执行器能随所述控制信号变化。

图1为按照本发明的车辆悬挂系统减振力控制装置的第一种实施例的示意布置图;

图2为图1所示减震器的减振力控制装置的控制单元的电路方块图和外部电路;

图3为用于图1和图2所示第一种实施例的每一减震器SA的部分剖视图;

图4为图3所示有代表性的减震器SA的局部放大剖视图;

图5为代表图3和4所示有代表性的减震器SA的减振力相对于活塞速度的特性曲线图;

图6为一相应于一调节器各阶段位置的减振力控制区的减振力系数特性曲线图,该调节器装在图2和3所示有代表性的减震器SA中,

与一按照典型脉冲(步进)电机的转动工作的步进电机相连;

图7A,7B和7C为沿图4中K-K线剖开的横剖剖视图,表示图4所示典型减震器SA的主要部分;

图8A,8B和8C为沿图4中L-L和M-M线剖开的横剖视图,代表图3和4所示典型减震器SA的主要部分;

图9A,9B和9C为沿图4中N-N线剖开的横剖视图,代表图3和4所示典型减震器SA主要部分;

图10为当图4所示典型减震器SA伸展行程侧(相位)相对活塞处于减振力硬特性时的减振力特性曲线图;

图11为当伸展和压缩行程侧(相位)均处于软减振力状态时的减振力特性曲线图;

图12为当压缩行程侧(相位)处于硬减振力状态时的减振力特性曲线图;

图13为按照图1所示本发明的第一种实施例中的悬挂系统减振力控制装置中的信号处理器的方块电路图,其中产生的控制信号供每一减震器使用;

图14为按照本发明的第一种实施例情况下,在一控制单元中执行的流程图;

图15A,15B,15C,15D和15E为综合成在一起的时间图表,示出本发明第一实施例中控制单元的减振力特性控制操作情况;

图16A,16B,16C,16D和16E示出图13所示信号处理中控制信号的形成状态;

图17A,17B和17C为几个时间图表,用以解释在图1至16E所示第一实施例情况下和一对比例情况下获得的控制力过大和不足的状态;

态;

图18A,18B和18C为综合在一起的时间图表,用以解释在第一实施例和对比例(图18C)情况下,在一驱动和保持状态间作用于相应步进电机的负载比;

图19A,19AA,19B,19BB,和19C为几个信号时间图,表示在第一实施例和对比例情况下的各种模拟结果;

图20A,和20B为两个特性曲线图,代表在第一实施例的一种替换方案情况下形成再处理信号的反比例图。

以下参见各附图,以便更好理解本发明。

(第一实施例)

图1示出按照本发明第一种优选实施例给出的一种车辆悬挂系统减振力特性控制装置的整体系统结构图。

4个减震器 $SA_{FL}$ , $SA_{FR}$ , $SA_{RL}$ 和 $SA_{RR}$ 分别装在车体(悬挂质量)的给定部分和相应车轮(轮胎)(非悬挂质量)的给定部分之间,应注意的是,脚标FL代表前左车轮侧(部分),FR代表前右车轮侧(部分),FL代表后左车轮侧(部分),RR代表后右车轮侧(部分),而由于所有减震器均具有本质上相同的结构,因此有代表性的减震器仅简单地用SA表示。车轮包括车辆的前左车轮,前右车轮,后左车轮和后右车轮。还应注意的是,上述车体给定部分系统指前左和前右车轮部分以及后左和后右车轮部分。

如图1所示,(垂直,即向上和向下)加速度(G;重力)传感器1( $1_{FL}$ , $1_{FR}$ , $1_{RR}$ , $1_{RL}$ )分别装在与前左和前右车轮侧及后左和后右车轮侧各减震器SA相邻的给定车体部分,每一传感器用以检测作用在悬挂质量(车体)上的悬挂质量垂直加速度(G)。

各行程传感器 ( $2_{FL}, 2_{FR}, 2_{RR}, 2_{RL}$ ) 装在相应车体部分和相应车轮部分之间, 每一行程传感器 2 均用于确定悬挂质量和非悬挂质量间的相对速度。每一行程传感器 2 向控制单元 4 输出一相对位移信号 H, 以确定悬挂质量和非悬挂质量间的相对速度。

控制单元 4 装在车辆的指定部分, 以接收由各加速度传感器 1 ( $1_{FR}, 1_{FL}, 1_{RR}, 1_{RL}$ ) 传来的各信号 G 和从各行程传感器 2 ( $2_{FR}, 2_{FL}, 2_{RR}, 2_{RL}$ ) 传来的各信号 H, 处理这些信号, 并向相应 4 个减震器 SA 的相应执行器 (即步进电动机) 输出根据各控制信号 (V) 的各驱动信号, 这将在下面说明。

图 2 示出按照图 1 所示本发明的第一种实施例给出的车辆减震器减振力控制装置的方块电路图。

参见图 1 和 2, 控制单元 4 安装在车体上靠近司机座位的部分。该控制单元 4 包括: 一输入接口 4a; 一 CPU (中央处理单元) 4b; 一具有 ROM (只读存储器) 的存储器 4bb 和一 RAM (随机存取存储器); 一输出接口 4aa 和执行器驱动器 4c; 和一公用总线。

控制单元 4 设有几个相应的驱动器 4c, 它们连接在输出接口 4aa 和相应的步进电动机 3 之间。

图 2 所示的控制单元 4 设有一信号处理器, 其硬件结构的名称表示在图 13 中。对图 13 的说明将在下面叙述。

接下去的图 3 示出图 1 和 2 所示各减震器 SA 的横剖视图。

如图 3 所示, 减震器 SA 包括: 一缸筒 30, 一 (可运动的) 活塞 31, 它限定出一上部腔 A 和一下部腔 B; 一外套 33, 其中在该缸筒 30 的外周侧形成一储液腔 32; 一底盖 34, 它限定上述下部腔 B 和储液腔 32; 一导向件 35; 它为一活塞杆 7 滑动导向, 该活塞杆 7 的另一端连接上述

可动活塞31;一悬挂弹簧36装在该外套33和车体之间;和一橡胶缓冲器37。

图1和2所示的每一步进电动机3装在图3所示相应减震器SA 之一的上部,以响应于相应的一个执行器驱动器(电路)4c发出的转动驱动信号通过一控制杆70可操作地转动一调节器40(参见图4)。

相应的步进电动机3之一的转轴通过控制杆70机械地与每一减震器SA中的相应调节器40相连。

图4示出每一减震器SA的活塞部件31及其周围零件的一部分的放大横剖视图。

如图4所示,该活塞31形成有通孔31a和31b。此外,该活塞设有压缩相阻尼阀20和伸展相阻尼阀12,两阀20,12 分别打开和关闭相应的通孔31a和31b。中间柱38以螺旋方式与一根限位定程器41 啮合并固定其上,而该定程器41以螺旋方式与活塞杆7 的小端啮合并固定其上。

中间柱38穿过活塞31。此外,该中间柱38形成有一个连通孔39,以将上部腔A和下部腔B连通。该连通孔39形成数条流道(一伸展相第二流道E,伸展相第三流道F,旁通流道G和压缩相第二流道J,这将在下面说明)。然后,改变上述各流道的流道横截面积的调节器40被设置在该连通孔39中。

另外,一伸展行程侧(相)单向阀17和压缩(或收缩)行程侧(压缩相)单向阀22也装在该中间柱38的外周,它们按照流体的流动方向允许或阻止流体流过由连通孔39形成的上述各流道。如图3所示,该调节器40,借助相应的一个执行器(步进电动机)3,通过控制杆70,可以转动。

应注意的是,该中间柱38分别按由上至下的顺序形成有一第一孔口21,一第二孔口13,一第三孔口18,一第四孔口14,和第五孔口16。

另一方面,参见图4,调节器40形成有一空心部分19,一第一横向孔24和一第二横向孔25,两横向孔使调节器40的内外部分相通。一纵向槽23形成在一外周部分。因此,当活塞行程表现为伸展相时在上部腔A和下部腔之间形成4条作为流体流动通道的流道;即1)一伸展行程侧(相)第一流道D,使流体通过通孔31b、伸展行程侧(相)阻尼阀12的已开启阀的内侧,并到达下部腔B;2)一伸展行程侧(相)第二流道E,流体在其内流过第二孔口13、纵向槽23,第四孔14、伸展行程侧(相)阻尼阀12已开启阀的外周侧,并到达下部腔B;3)一伸展行程侧(相)第三流道F,流体在其内流过第二孔口13,纵向槽23,和第五孔口16;和4)一旁通流道G,流体在其内流过第三孔口18,第二横向孔25,和空心部分19,并到达下部腔B。

此外,在活塞31的压缩行程侧(相)期间可使流体流过的三个流体流过通道,包括:1)压缩行程侧(相)第一流道H,流体在其内流通过孔31a和压缩行程侧(相)阻尼阀20的已开启阀;2)一压缩行程侧(相)第二流道J,流体在其内流过空心部分19,第一横向孔24,第一孔口21,和已开启的压缩行程侧(相)单向阀22,并到达上部腔A;和3)一旁通流道G,流体在其内流过空心部分19,第二横向孔25,和第三孔口18。

简言之,该减震器SA是布置和构造成为能在所述调节器40随相应步进电动机3的旋转而转动时,如图5所示那样,在其减振特性曲线范围内进行多级减振力特性变换。

图6示出相对于活塞31的伸展行程(相)和压缩行程(相), 调节器40的转动位置和减振力特性之间的关系。

更具体地说, 如图6所示, 当调节器40从其伸展和压缩相均处于软减振力特性位置(以下称为软区SS)的基本中间位置沿给定的反时针方向转动时, 伸展行程侧(相)的减振力系数可以从最大硬特性向最小硬特性以多级变化, 而压缩行程侧的减振力系数则固定在一软特性位置(以下称为伸展行程侧硬区HS)。相反, 当调节器40从其中间位置沿给定的顺时针方向转动时, 压缩行程侧(相)的减振力系数仅能从最大硬特性至最小硬特性以多级转换至一硬区, 而在压缩行程侧的减振力特性则固定在软特性位置(以下称为压缩硬区)。

如图6所示, 当调节器40转至位置①, ②和③中任一位置时, 沿图4中K-K, L-L, M-M和N-N线剖开的活塞总成各部分的横截面分别表示在图7A(①), 7B(②)和7C(③)(K-K), 图8A(①), 8B(②)和8C(③)(L-L, M-M), 图9A(①), 9B(②)和9C(③)中。

图6所示相应位置①, ②和③的减振力特性分别示于图10, 11和12中。

图10示出当调节器40位于图6中位置①时, 典型减震器SA的减振力特性。

图11示出调节器40位于图6中②时SA的减振力特性。

图12示出调节器40位于图6中③时SA的减振力特性。

接下去, 图14示出解释控制单元4对每一减震器SA进行的减振力特性操作内容的操作流程图。

步骤11时, CPU 4b判断所形成的控制信号V(对每一减震器SA)是否增大并超过预定的正的域值 $\delta_{\tau}$ ( 应注意的是在该第一种实施

例中,  $\delta_{\tau}=0$ )。如果步骤101判断为是,程序进行至步骤102,将相应的一个减震器SA置于伸展相硬区HS。

如果步骤101判断为非,则程序进行至步骤103,CPU4b判断控制信号V是否低于预定的负的域值 $-\delta_c$ (应注意的是,在第一种实施例中,该 $-\delta_c$ 亦为0)。

如果步骤103判断的是,则程序进行至步骤104,将相应一个减震器SA置于压缩相硬区SH。

如果步骤103判断为非,则程序进行至步骤105,即如果CPU4b确定控制信号V值落入从 $+\delta_{\tau}$ 到 $-\delta_c$ 值之间,即为零,则将相应一个减震器SA置于各自的伸展和压缩相软区SS。

图15A至15E示出综合在一起的时间图表,以解释在第一种实施例情况下的控制单元4和一个或多个减震器SA的操作。

首先,当控制信号(V)显示为零,每一减震器SA按图14,15A和15D所示软控制方式SS控制。

当根据悬挂质量垂直速度 $\Delta X'$ 和相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_0)$ 形成的控制信号V如图15A所示随时间变化且该控制信号显示为正时,每一减震器SA按伸展相硬区HS控制,这时压缩相固定在一个预定的低减振力位置,而伸展相发生变化以提供硬特性(一个目标减振力特性位置 $P_{\tau}$ ),它与控制信号V的值成正比例。

另一方面,如果控制信号V的方向为负(且低于预定负的域值 $-\delta_c=0$ ),则提供压缩相硬区SH,使伸展相减振力特性固定在低的预定减振力特性位置,而压缩相减振力特性发生变化,以提供一目标减振力特性位置 $P_c$ ,它与控制信号V的值成正比例。

控制方式(HS,SH和SS)之间的转换操作将结合图15A至15E说明。

图15C中的符号a代表根据悬挂质量垂直速度 $\Delta X'$ 和相对速度( $\Delta X' - \Delta X'$ )形成的控制信号V的方向由负值(向下)向正值(向上)转换的一个区域。

在区域a中,相对速度( $\Delta X' - \Delta X'$ )仍提供负值(减震器SA的相位处于压缩相),这样,相应减震器SA根据控制信号V的方向被控制在伸展相硬区HS,而相应减震器SA的相位处于伸展相。因此,在区域a,减震器SA的活塞31已离开的该伸展相提供与控制信号V的值成正比例的硬特性。

区域b表示一个区域,其中控制信号V的方向(方向判别信号)仍为正(向上的一个值),而相对速度( $\Delta X' - \Delta X'$ )已从负值向正值(相应减震器SA的活塞已离开的伸展相)转换。这时,由于减震器SA根据控制信号V的方向,以伸展相硬区HS的方式被控制,相应减震器SA的行程方向为伸展相。因此,在区域b,减震器SA的伸展相提供与控制信号V成正比例的硬特性。

区域c表示一个区域,其中控制信号V从正值(向上)向负值(向下)转换。然而在这一区域c,由于相应减震器SA根据控制信号V的方向(方向判别信号)被控制到压缩相硬区SH,该区域c提供这样一个相位(在这一区域c,伸展相),在该相位相应减震器SA的活塞以软(预定的低减振力特性)特性运动。

区域d表示一个区域,其中控制信号V仍为负值(向下),而相对速度( $\Delta X' - \Delta X'$ )从正值向负值(在该相位相应减震器SA的活塞位于伸展相侧)转变。这时,由于相应减震器SA根据控制信号的方向被控制在压缩相硬区SH,因此相应减震器的行程(相)位于压缩相。在这一区域d,减震器SA的活塞在其被运动的压缩相提供与控制信

号V的值成正比例的硬特性。

如上结合图15A至15C所作的说明,当根据悬挂质量垂直速度 $\Delta X'$ 和相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_{\circ})$ 确定的控制信号V具有与方向判别符号彼此相同的方向(区域b和d)时,减震器SA的活塞发生运动的瞬时相位被控制在硬特性方式。如果它们(V和 $\Delta X' - \Delta X'_{\circ}$ )相互的符合彼此不同(区域a和c),则相应减震器SA的活塞已发生运动的该相位按软特性控制。在该第一种实施例中,实现了根据sky Hook理论对减振力特性的控制。

在第一实施例中,在相应的一个减震器SA的活塞发生运动的相位终结时的那一时刻,即当区域从区域a向区域b转换和从区域c向区域d(硬特性向软特性)转换的时刻,减振力特性位置 $P_T$ 或 $P_C$ 处于这样一个相位,即所进行的控制已向该相位转换,且该相位已转换成上述区域a和c处的硬特性侧。故从软特性向硬特性的转换已在没有时间滞后的情况下完成。

接下去,图13示出一用以形成控制信号V的信号处理器的结构,借助该控制信号V,根据理想的sky Hook理论,按照悬挂质量垂直速度 $\Delta X'$ 和相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_{\circ})$ ,产生控制力F,即使采用步进电动机3作为执行器(这样的执行器具有较低的响应特性以致不能对非悬挂质量的谐振频率作出响应)也能获得满意效果。应注意的是,图13所示信号处理器是供每一减震器SA的。

还应注意的是,该控制单元4根据相应4个悬挂质量垂直加速度传感器1( $1_{FL}, 1_{FR}, 1_{RL}$ 和 $1_{RR}$ )输出的与前后和前左车轮侧减震器 $SA_{FL}, SA_{FR}$ 以及后左和后右车轮侧减震器相邻的车体的垂直加速度信号获得的是4个车轮侧悬挂质量垂直加速度 $G_{FL}, G_{FR}, G_{RL}$ 和 $G_{RR}$ 。

还应注意的是,车辆横摇加速度 $G_R$ 可根据下列公式(5),由前右和前左车轮侧垂直悬挂质量加速度信号 $G_{FL}$ 和 $G_{FR}$ 求出。

$$G_R = (G_{FR} - G_{FL}) / 2 \quad \dots\dots (5)$$

在第一方块B1,控制单元4对4个车轮侧悬挂质量垂直加速度 $G_{FL}, G_{FR}, G_{RL}$ 和 $G_{RR}$ 以及横摇加速度 $G_R$ 积分或使它们通过一低通滤波器,以将各加速度信号 $G_{FL}$ 至 $G_R$ 分别转换成悬挂质量垂直速度 $\Delta X'$ (或 $V'$ )( $V'_{-FL}, V'_{-FR}, V'_{-RL}$ 和 $V'_{-RR}$ )和横摇速度 $V_{R0}$ 。

在该方块B1,控制单元4可执行一带通滤波器处理,以提高对目标频率带外的那些信号分量的隔离能力,而目标频率带内则要进行减振力特性控制。也就是说,一第一带通滤波器和一第二带通滤波器分离出车辆悬挂质量的角振动谐振频率带范围内的角振动速度信号 $V_{BFR}, V_{BFL}, V_{BRR}$ 和 $V_{BRL}$ 。此外,一第三带通滤波器可获得具有一车辆横摇谐振频率带的横摇速度信号,作为一目标值(中心)。

在方块B1处,角振动系数 $\alpha_f$ 和 $\alpha_r$ 可对前车轮侧和后车轮侧的角振动相互独立地设定,以便能够根据车辆前车轮侧和后车轮侧处不同的具体参数(重量,弹簧常数等)模拟车辆状态数值上的差异。

在方块B1处,横摇系数 $r_f$ 和 $r_r$ 可以对前车辆侧和后车轮侧独立设定,以使抵抗车辆转向行驶过程中由于作用在车体上的外力(横向加速度)产生的沿横摇方向的车辆状态所需的控制力不会变得不足。

在方块B1处,该控制单元4还可计算4个悬挂质量分信号 $V_H$ ( $V_{FR-LH}, V_{FL-LH}, V_{RR-RH}, V_{RL-LH}$ ):

前右车轮侧:

$$V_{FR-RH} = \alpha_f \cdot V_{BFR} + I_f \cdot V_R \quad \dots\dots (6)$$

前左车轮侧:

$$V_{FL-LH} = \alpha_f \cdot V_{BFL} - I_f \cdot V_R \quad \dots\dots (7)$$

后右车轮侧:

$$V_{RR-RL} = \alpha_f \cdot V_{BRR} + I_f \cdot V_R \quad \dots\dots (8)$$

后左车轮侧:

$$V_{RL-LH} = \alpha_f \cdot V_{BRL} + I_f \cdot V_R \quad \dots\dots (9)$$

另一方面,如图13所示,在方块B2处,该控制单元4,通过例如装在方块B2的一个或多个微分器或高通滤波器,将各相应行程传感器2传来的相对位移信号H 分别转换成悬挂质量和非悬挂质量间的各相对速度 $(\Delta X' - \Delta X' \circ)$   $\{(\Delta X' - \Delta X' \circ)_{FL}, (\Delta X' - \Delta X' \circ)_{FR}, (\Delta X' - \Delta X' \circ)_{RL}, (\Delta X' - \Delta X' \circ)_{RR}\}$ 。

参见图13,在后一方块B3处,如图16所示,分别形成一伸展相处理信号 $XP'_T$ 和一压缩相处理信号 $XP'_C$ 。也就是说,按照相对速度信号的方向判别符号(伸展相侧为正,压缩相侧为负)检测出正负峰值

分别作为每一相对速度信号( $\Delta X' - \Delta X'_0$ )的伸展相峰值 $XP_T$ 和压缩相峰值 $XP_C$ ,并将它们保持到分别检测到后面的峰值为止,从而由此分别形成伸展相和压缩相处理信号 $XP'_T$ 和 $XP'_C$ 。

在后一方块B4,形成与伸展相处理信号 $XP'_T$ 成反比例的伸展相再处理信号 $KUS_T$ ( $KUS_{FR-T}, KUS_{FL-T}, KUS_{RR-T}, KUS_{RL-T}$ )和与压缩相处理信号 $XP'_C$ 成反比例的压缩相再处理信号 $KUS_C$ ( $KUS_{FR-C}, KUS_{FL-C}, KUS_{RR-C}, KUS_{RL-C}$ )。

也就是说,伸展相再处理信号 $KUS_T$ 和压缩相再处理信号 $KUS_C$ 可由下式求出:

$$KUS_T = 1/XP'_T \quad \dots\dots (10) \text{ 和}$$

$$KUS_C = 1/XP'_C \quad \dots\dots (11)。$$

应注意的是,如果伸展相处理信号 $XP'_T$ 和压缩相处理信号 $XP'_C$ 中每一个等于或小于一最小值 $MIN(XP'_T, XP'_C \leq MIN)$ ,则进行这样的处理:将等于或小于预定最小值 $MIN$ 的伸展或压缩相处理信号置于一预定最大值( $KUS_T, KUS_C = MAX(1.0, 0.9)$ )。进行这一处理为的是防止伸展相或压缩相再处理信号值 $KUS_T$ 或 $KUS_C$ 由于在公式(10)或(11)中充当分母的每一处理信号 $XP'_T, XP'_C$ 的值接近于零时会表现出趋于无穷大。

应注意的是,方块B4的最后步骤可对伸展相再处理信号 $KUS_T$ ( $KUS_{FR-T}, KUS_{FL-T}, KUS_{RR-T}, KUS_{RL-T}$ )和压缩相再处理信号 $KUS_C$ ( $KUS_{FR-C}, KUS_{FL-C}, KUS_{RR-C}, KUS_{RL-C}$ )进行平均,以获得

经过求平均的伸展相再处理信号 $KUS'_{-T}$  ( $KUS'_{-FR-T}$ ,  $KUS'_{-FL-T}$ ,  $KUS'_{-RR-T}$ ,  $KUS'_{-RL-T}$ ) 和经过求平均的压缩相再处理信号 $KUS'_{-C}$  ( $KUS'_{-FR-C}$ ,  $KUS'_{-FL-C}$ ,  $KUS'_{-RR-C}$ ,  $KUS'_{-RL-C}$ )。

在方块B5, 该控制单元4根据下列公式(12)至(15)或(16)和(12)'至(15)'或(16)'由根据方块B1处形成的悬挂质量垂直速度信号 $\Delta X'$ 得出的悬挂质量分信号 $V_H$ 和由根据方块B1处形成的相对速度信号 $(\Delta X' - \Delta X'_0)$ 得出的(经平均的)伸展相和压缩相再处理信号 $KUS'_{-T}$ 和 $KUS'_{-C}$ (或替换为未经平均的 $KUS_{-T}$ 和 $KUS'_{-C}$ ), 求出控制信号 $V$ (伸展相控制信号 $V_{FR-T}$ ,  $V_{FL-T}$ ,  $V_{RR-T}$ ,  $V_{RL-T}$ 和压缩相控制信号 $V_{FR-C}$ ,  $V_{FL-C}$ ,  $V_{RL-C}$ ,  $V_{RR-C}$ )。

前右车轮侧:

$$V_{FR-T} = g_f \cdot V_{FR-RH} \cdot KUS'_{-FR-T} \quad \dots\dots (12)$$

$$V_{FR-C} = g_f \cdot V_{FR-RH} \cdot KUS'_{-FR-C} \quad \dots\dots (12)'$$

前左车轮侧:

$$V_{FL-T} = g_f \cdot V_{FR-LH} \cdot KUS'_{-FL-T} \quad \dots\dots (13)$$

$$V_{FL-C} = g_f \cdot V_{FR-LH} \cdot KUS'_{-FR-C} \quad \dots\dots (13)'$$

后右车轮侧:

$$V_{RR-T} = g_T \cdot V_{RR-RH} \cdot KUS'_{-RR-T} \quad \dots\dots (14)$$

$$V_{RR-C} = g_T \cdot V_{FR-RH} \cdot KUS'_{-FR-C} \quad \dots\dots (14)'$$

后左车轮侧:

$$V_{RL-T} = g_T \cdot V_{RL-LH} \cdot KUS'_{-RL-T} \quad \dots\dots (15)$$

$$V_{RL-C} = g_T \cdot V_{RL-LH} \cdot KUS'_{-RL-C} \quad \dots\dots (15)'$$

其中 $g_F$ 表示前车轮侧减振力总的控制增益,而 $g_T$ 表示后车轮侧减振力总的控制增益。

应注意的是,该控制信号 $V$ 也可由下式求出:

$$V = g \cdot \Delta X' \cdot KUS_{-T} \quad \dots (16) \quad \text{和} \quad V = g \cdot \Delta X' \cdot KUS_{-C} \quad \dots (16)'$$

也就是说,在这一实施例中,在图13所示方块B4处,该伸展相处理信号 $XP'_T$ 和压缩相处理信号 $XP'_C$ 被悬挂质量垂直速度信号 $V_{RH}$ 以这样的形式相乘,使得该伸展相处理信号 $XP'_T$ 和压缩相处理信号 $XP'_C$ 一旦被转换成伸展相再处理信号 $KUS'_{-T}$ 和压缩相再处理信号 $KUS'_{-C}$ 后,它们分别与相应的伸展相处理信号 $XP'_T$ 和压缩相处理信号 $XP'_C$ (此外与其平均形式)成反比例,避免控制信号被零除。

此外,在形成控制信号 $V$ 的过程中,相对速度信号 $(\Delta X' - \Delta X')$ 的各峰值是单独按照伸展相侧(正侧)和压缩相侧(负侧)检测的,与

悬挂质量垂直速度 $\Delta X$ 的方向判别符号一致的所在相侧的峰值 $XP_T$ ,  $XP_C$ 被采用。因此,如图16C所示,该伸展相和压缩相处理信号 $XP'_T$ 和 $XP'_C$ 可以低频状态获得。从而,可以形成控制信号 $V$ ,以表现出一低频状态。

如方块B4处所表明的,可对伸展相再处理信号 $KUS_T$ 和压缩相再处理信号 $KUS_C$ 进行平均,使控制信号 $V$ 以更低的频率状态形成。

接下去图16A至16E示出一综合在一起的时间图表,用以解释图13所示信号处理器中控制信号形成的情况。

在这种情况下,假设悬挂质量垂直速度 $\Delta X'$ 以图16A所示较低频率形式随时间变化,而相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_0)$ 以图16B所示较高频率(图16B中的实线)形式随时间变化。

如图16C各黑点(给出的各点)所示,高频相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_0)$ 中伸展相(正侧)各抽样峰值 $XP_T$ 和压缩相(负侧)各抽样峰值 $XP_C$ 被检测并保持到直至下一峰值被检测到为止。因此,每一高频相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_0)$ 被转换成较低频率的伸展相处理信号 $XP'_T$ 和压缩相处理信号 $XP'_C$ 。

因而如公式(12)至(15)和公式(12)'至(15)'(或(16)和(16'))表明的,根据上述低频信号计算出的控制信号 $V$ 的变化波形也以图16D所示那样的较低频率波形获得。这样,即使相应步进电动机3的响应特性不怎么高,减振力特性位置 $P$ 的转换仍能随图16E所示的控制信号 $V$ 来变化。

上述结合图16A至16E的操作将结合图17A至17C的各时间图表更详细地说明。

应注意的是,图17A至17C中的实线代表相对于本发明的比较例

中的控制信号,点划线代表该比较例中的减振力特性位置P,而虚线分别代表第一实施例中的控制信号V和减振力特性位置P。

首先,图17A示出一种情况,其中相对速度( $\Delta X' - \Delta X'$ )的伸展相侧的峰值 $XP_{\tau}$ 由一较大值变为一较小值。这时,由于按照该比较例以高频范围变化的控制信号,执行器即相应的一个步进电动机3中向减振力特性位置P的转换滞后,控制力不能理想地减小,从而出现表现控制力过大的一部分控制力,这在图17A中是以各左斜线表示的。另一方面,按照第一实施例情况下的控制信号V,以右斜线表示的表示控制力过大和以水平线表示的表示控制力不足部分都出现了。

接下去,图17B示出一种情况,其中相对速度( $\Delta X' - \Delta X'$ )在伸展相的峰值 $XP_{\tau}$ 依次由较小值变为较大值。

这时,按照在比较例的情况下,控制信号在高频区变化,由于相应一个步进电动机3中减振力特性位置P的转换滞后,控制力不能理想地减小,这样,在比较例的情况下出现了图17B左斜线所示的过大控制力部分。另一方面,在第一实施例的情况下,出现了图17B中以水平线表示的控制力不足部分。

图17C示出的情况中,相对速度( $\Delta X' - \Delta X'$ )伸展相侧的峰值不发生变化。

这时,按照比较例情况下的控制信号(V),出现左斜线示出的控制力过大的控制力部分。然而按照第一实施例中的控制信号V,出现图17C中水平线表示的控制力不足部分。

如上所述,即使在第一实施例中发生了图17A至17C那样的控制力过大或不足的情况,但与比较例的情况相比,各控制力部分的面

积(=能量)已减小,这样,很难出现控制力过大的趋向。这一结果在图19A至19B的模拟结果可清楚地得到认证。

图19A和19B示出实际悬挂质量垂直加速度相应步进电动机3之一的目标位置ACTR,和按照第一实施例模拟的相应步进电动机3之一的实际位置的时间图表。

图19AA,19BB和19C 示出实际悬挂质量垂直加速度在比较例情况下相应步进电动机之一的目标位置ACTR和实际位置的时间图表。

如图19A至19C所示,尽管由于在比较例(特别参见图19C)中以斜线示出的信号产生了过大的控制力,实际加速度的信号波形出现大的失真,但在第一实施例的情况下,相应的失真却难以出现在实际悬挂质量垂直加速度的信号波形中。

应注意的是,在图16A至16E中,用黑体符合S表示的各部分对应各振动作用区,其中悬挂质量垂直速度 $\Delta X'$ (由于正号"+"代表伸展相)和相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'')$ (由于负号"-"代表压缩相)的方向判别符合彼此不一致。这时,由于相反相(压缩相)预定低减振力特性的作用,被控相(伸展相)的减振力特性位置P不需要如在比较例情况下所做的那样进行减振力特性的可变控制。因此,由于对相应步进电动机3之一的驱动在各振动作用区S被忽略,每一步进电动机3对控制信号V的驱动响应特性可以如上所述那样得到保证,并且每一步进电动机3的驱动/保持负载比可显著减小。

也就是说,图18A至18C示出比较例情况下的控制信号(实线)和比较例情况下的减振力特性位置(点划线)。在该例中,相应步进电动机3之一的驱动/保持负载比显示为30%至50%。然而,在上例中,负载比的数值是最小情况下的。如果控制信号的幅度变为更大,由

于步进电动机3响应不及时(滞后),上述负载比将表现为接近100%。

此外,就步进电动机3最低响应特性而言,要求在相当非悬挂质量谐振频率的半周期那样的时间周期内完成一次伸展相硬区HS和软区SS之间或压缩相硬区SH和软区SS之间的往返驱动响应特性。例如,假设非悬挂质量的谐振频率为10HZ,则要求在25毫秒内完成一次往返形式的驱动。

另一方面,在第一实施例的情况下,如果伸展相的相对速度( $\Delta X' - \Delta X'$ )的峰值 $XP_T$ 没有变化,则步进电动机3的驱动/保持负载比,如图18A(虚线)所示,显示为0%。此外,如图18B所示,即使伸展相峰值 $XP_T$ 发生变化,所述驱动/保持负载比也仅显示为接近50%。

此外,就步进电动机3的最小响应特性而言,在非悬挂质量的谐振频率周期内,即检测到下一个峰值期间,只需要以伸展相硬区HS和软区SS间或压缩相硬区SH和软区SS间的一次往返形式驱动即可。例如,如果非悬挂质量的谐振频率为10HZ,只需在100毫秒内完成一次往返驱动。

如上所述,第一实施例中的悬挂系统减振力控制装置具有如下优点:

(1)即使采用较低响应特性以致不能对悬挂质量的谐振频率作出响应的廉价步进电动机,也有可能根据理想sky Hook理论产生控制力;

(2)由于每一步进电动机3的驱动/保持负载比不会增加,不会导致步进电动机3动力消耗的增加和耐久性的减少;

下面说明按照本发明的悬挂系统减振力控制装置的另外几种优选的实施例。由于在所述其他实施例中,除控制单元4中信号处

理器的内容不同于第一实施例外,其余结构与第一实施例的情况相同,因此仅解释与第一实施例各不同点。

(第二实施例)

在第二优选实施例中,悬挂系统减振力控制装置包含有如下信号处理器。

在图13的方块B3中,伸展相处理信号 $XP'_T$ 和压缩相处理信号 $XP'_C$ 分别以与第一实施例相同的方式形成。然而,此后,控制信号 $V$ 以正比于瞬时悬挂质量分信号 $V_H$ 的值除以与该悬挂质量分信号 $V_H$ 的方向判别符合一致的那一相的处理信号( $XP'_T$ 或 $XP'_C$ )中的任一信号的方式形成,即:

$$V=g \cdot V_H/XP'_T \quad \dots\dots (17), \text{或}$$

$$V=g \cdot V_H/XP'_C \quad \dots\dots (18)$$

(或在不采用瞬时悬挂质量分信号 $V_H$ 的情况下,

$$V=g \cdot 1/XP'_T \quad \dots\dots (17)' \text{或}$$

$$V=g \cdot 1/XP'_C \quad \dots\dots (18)')$$

(第三实施例)

在第三种优选实施例中,悬挂系统减振力控制装置的控制单元4中包含有如下信号处理器(电路)。

以与第一实施例相同的方式,在图13的方块B2获得一相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_{\circ})$ 。之后,该相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_{\circ})$ 的正负峰值的绝对值 $XP_{T,C}$ 被检测出来并保持到后一峰值的绝对值被测出为止,以形成处理信号 $XP'_{T,C}$ 。连同形成的处理信号,由下述公式形成控制信号 $V$ ,它与瞬时悬挂质量分信号 $V_H$ 除以该处理信号 $XP'_{T,C}$ 的值成正比:

$$V = g \cdot V_H / XP'_{T,C} \quad \dots\dots (19)$$

(或者,第二实施例那样的替换情况,不求出 $V_H$ ,

$$V = g \cdot 1 / XP'_{T,C} \quad \dots\dots (19)')$$

可以获得在所述伸展相控制信号与压缩相控制信号之间无间隔的控制。

#### (第四实施例)

在按照本发明的第四种优选实施例给出的悬挂系统控制装置中,控制单元4设置有下列信号处理器(电路)。

在图13的方块B2处,以与第一实施例相同的方式获得一相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_{\circ})$ 。之后,测出该相对速度 $(\Delta X' - \Delta X'_{\circ})$ 的峰值的绝对值 $XP_{T,C}$ ,并保持到测出下一峰值的绝对值,以形成处理信号 $XP'_{P,C}$ 。然后形成一与该处理信号 $XP'_{T,C}$ 成反比例的再处理信号 $KUS_{-T,C}$ 。最后按下述公式(20和21)形成控制信号,它与瞬时悬挂质量分信号 $V_H$ 乘以该再处理信号 $KUS_{-T,C}$ 的值成正比:

$$KUS_{-T,C} = 1/XP'_{T,C} \quad \dots\dots (20), \text{ 和}$$

$$V = g \cdot V_H \cdot KUS_{-T,C} \quad \dots\dots (21)$$

(或者, 如果不形成悬挂质量分信号 $V_H$ , 该公式(21)用

$$V = g \cdot X' \cdot KUS_{-T,C} \quad \dots\dots (21)' \text{ 替换}。$$

(第五实施例)

按照本发明的悬挂系统减振力控制装置的第五种实施例中, 按第二实施例的方法求出平均伸展相峰值 $XP_{T-n}$ 和平均压缩相峰值 $XP_{C-n}$ 。然后根据所述经平均的伸展相和压缩相峰值( $XP_{T-n}, XP_{C-n}$ ), 按下述公式(22)和(23)形成伸展相处理信号 $XP'_{T-n}$ 和压缩相处理信号 $XP'_{C-n}$ :

$$XP_{T-n} = (\alpha \cdot XP_{T(n)} + \beta \cdot XP_{T(n-1)} + \gamma P_{T(n-2)} + \eta \cdot XP_{T(n-3)}) \times (1/(\alpha + \beta + \gamma + \eta)) \quad \dots\dots (22)$$

$$XP_{C-n} = (\alpha \cdot XP_{C(n)} + \beta \cdot XP_{C(n-1)} + \gamma P_{C(n-2)} + \eta \cdot XP_{C(n-3)}) \times (1/(\alpha + \beta + \gamma + \eta)) \quad \dots\dots (23)$$

公式(22)和(23)中 $n$ 为整数, 而 $\alpha, \beta, \gamma$ 和 $\eta$ 为加权系数。

(其他替换方案)

例如,尽管上述各实施例中,4个悬挂质量G传感器1( $1_{FL}$ ,  $1_{FR}$ ,  $1_{RL}$ , 和  $1_{RR}$ )是装在前左、右车轮侧以及后左、右车轮的车体部位,但安装位置的数量是随意的。按照本发明的悬挂系统减振力控制装置可用于仅在前车轮侧装有单个悬挂质量G传感器的系统。

此外,尽管上述第一和第二实施例中,用反比例函数(10)和(11)形成伸展相再处理信号 $KUS_{-r}$ 和压缩相再处理信号 $KUS_{-c}$ (它们分别与伸展相处理信号 $XP'_{-r}$ 和压缩相处理信号 $XP'_{-c}$ 成反比例),但也可以相应地采用图13中的方块B4和图20A和20B中的反比例图。

最后,上述公式(13)至(16)和(13)'至(16)'中为导出控制信号V的前后车轮侧控制增益 $g_x$ 和 $g_r$ 还可按照图2示出的车速传感器(以虚线表示)测出的车速进行变换(应注意的是,用g表示的增益可用车速变换)。

图 1

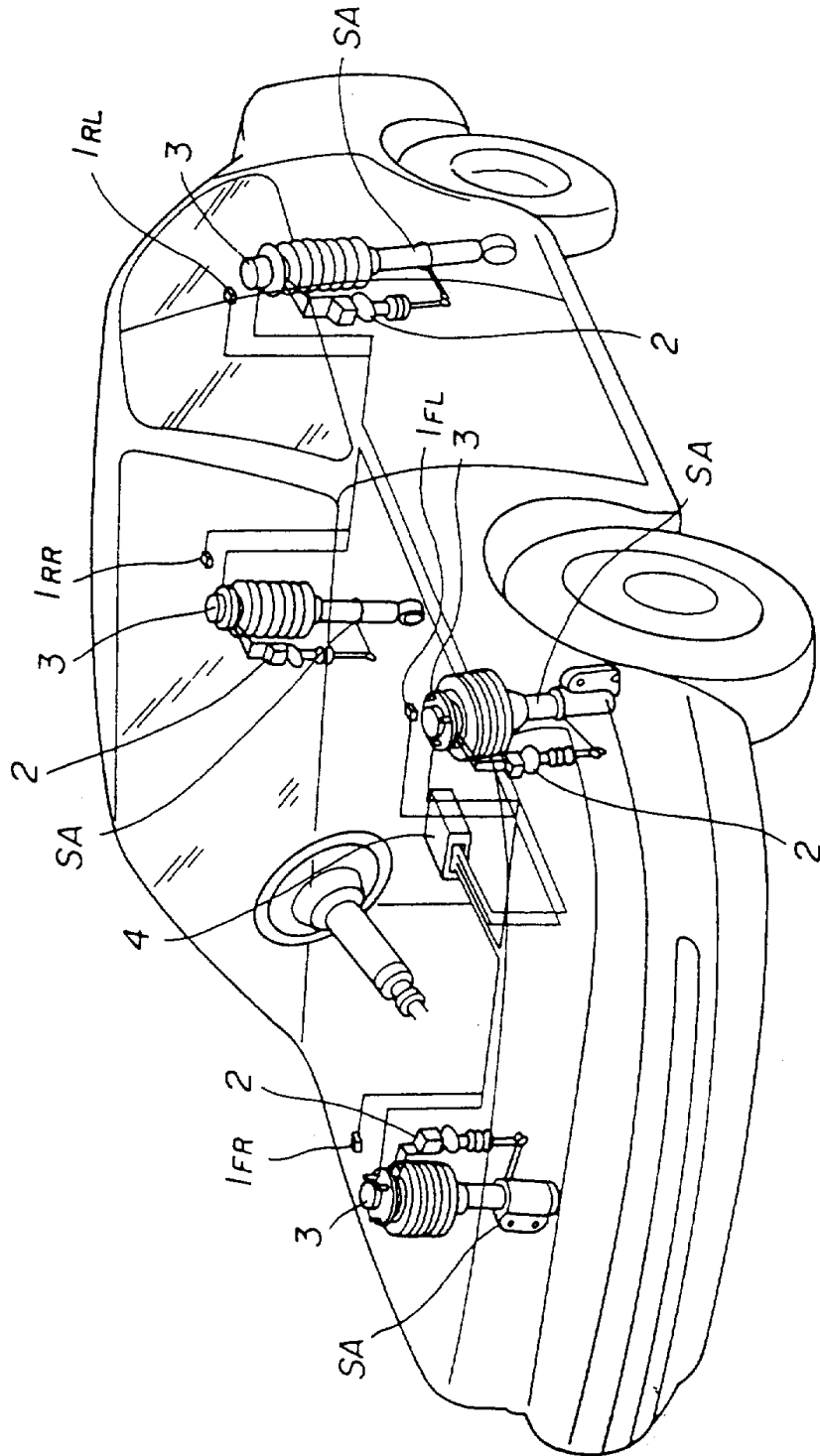


图 2

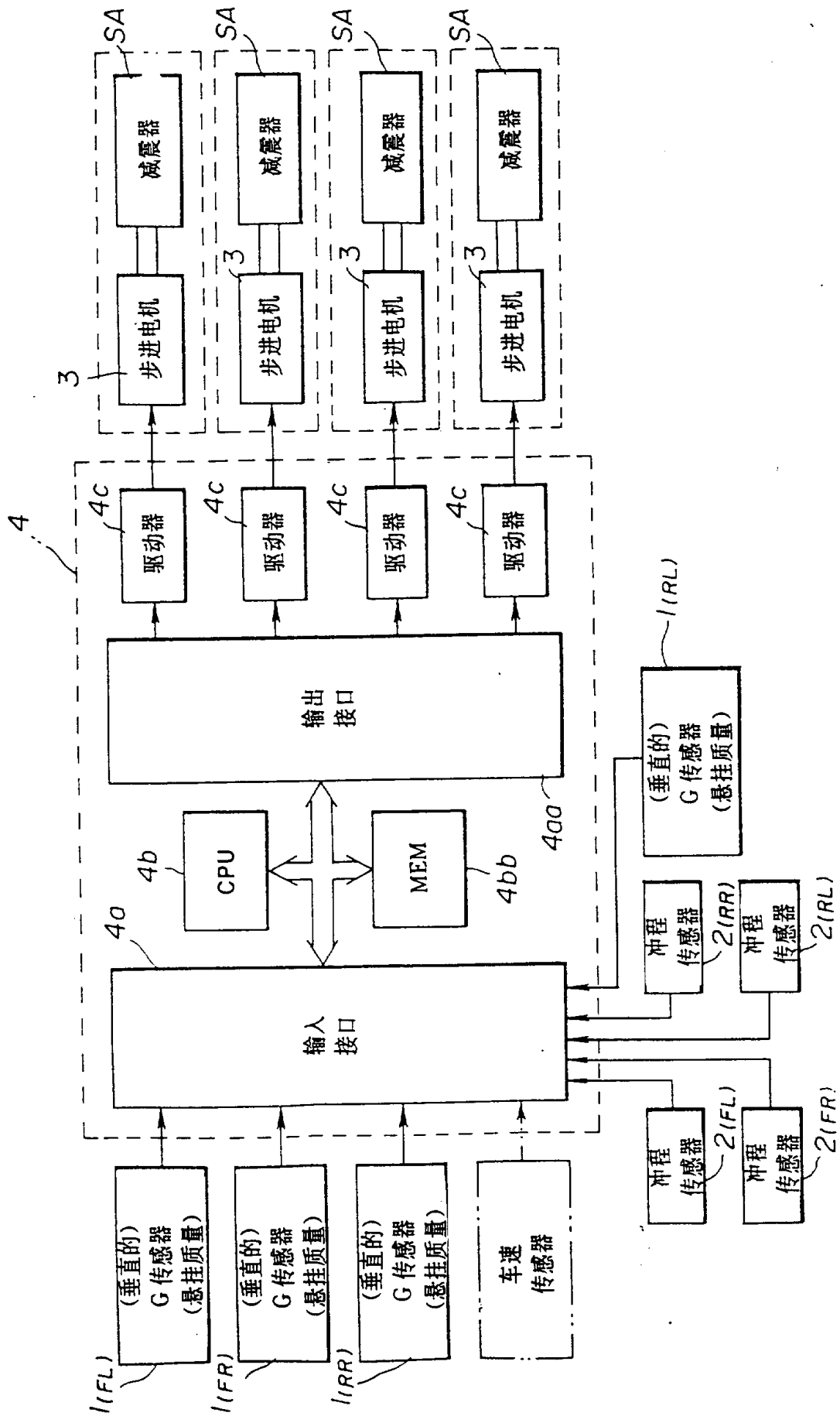


图 3

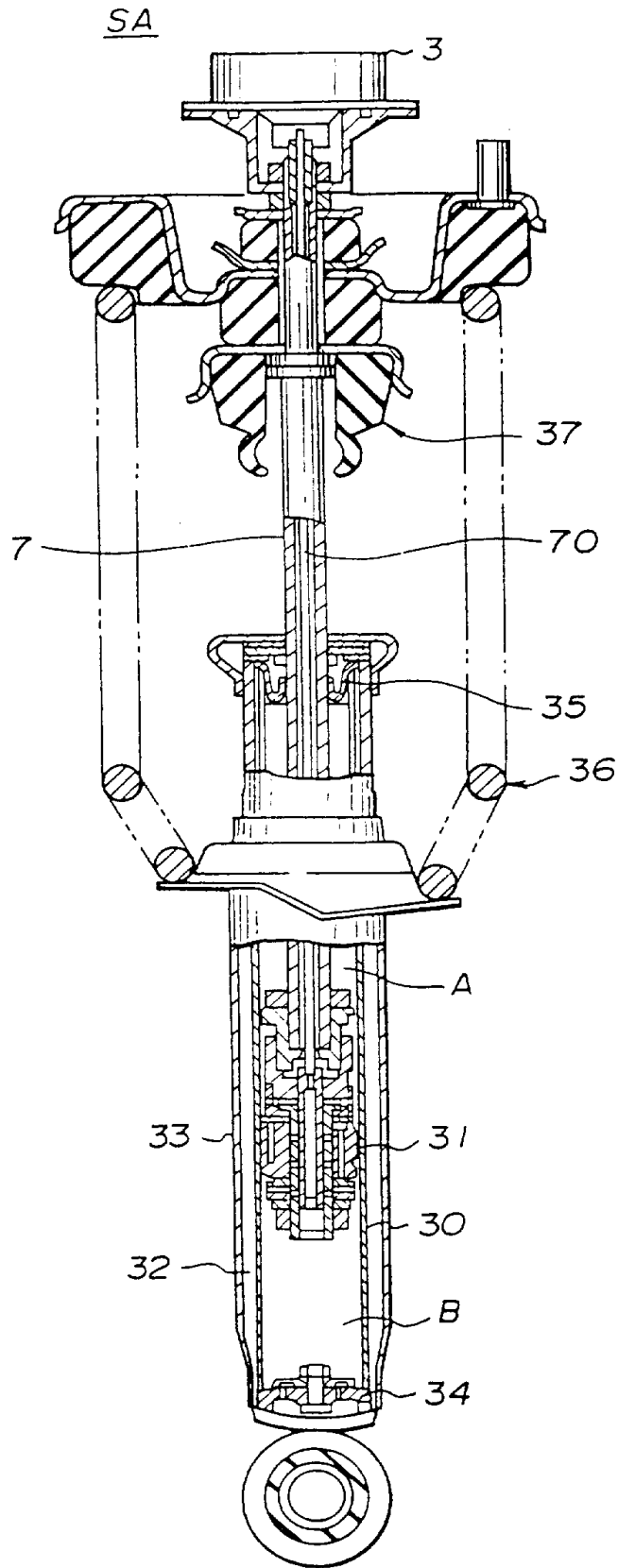


图 4

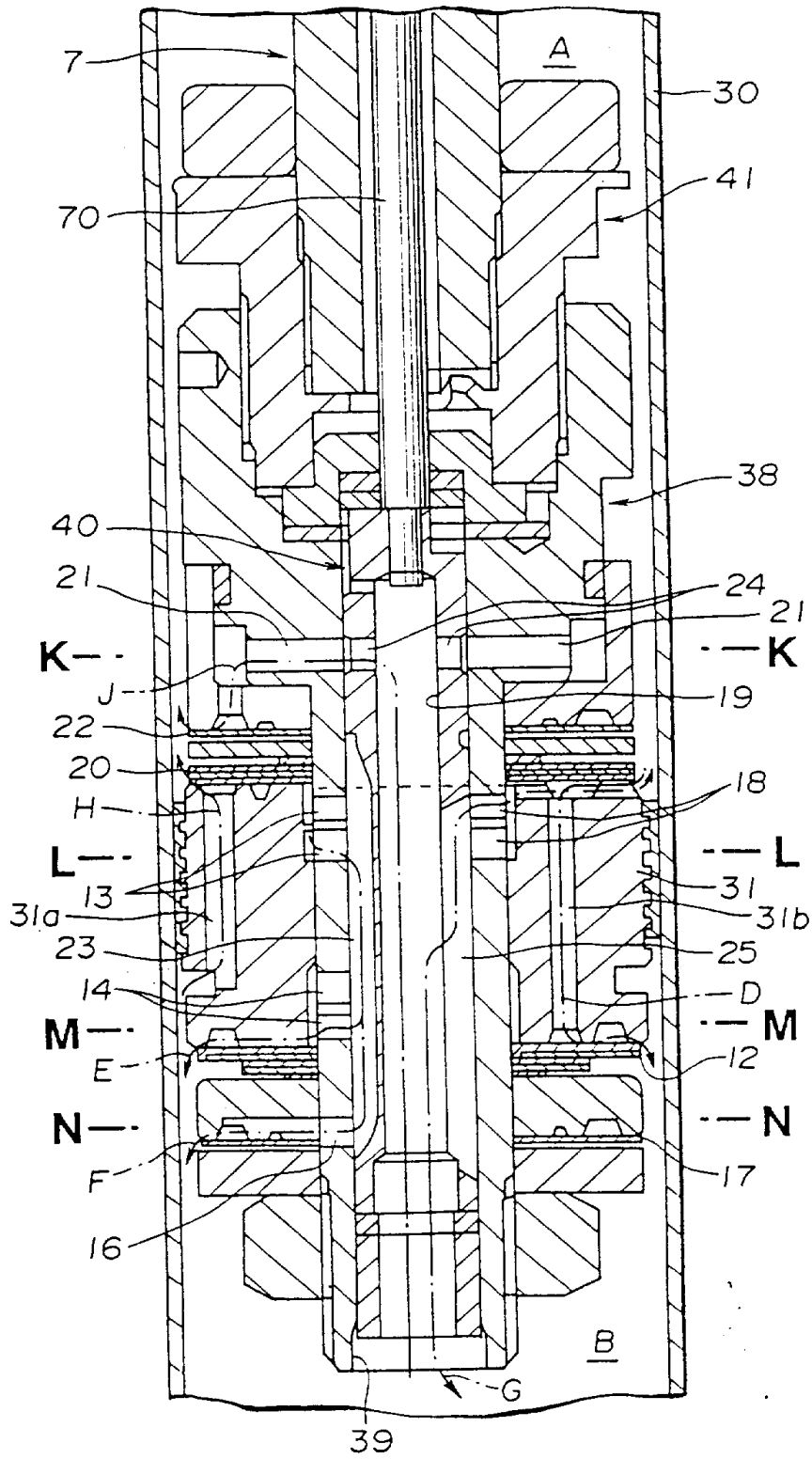


图 5

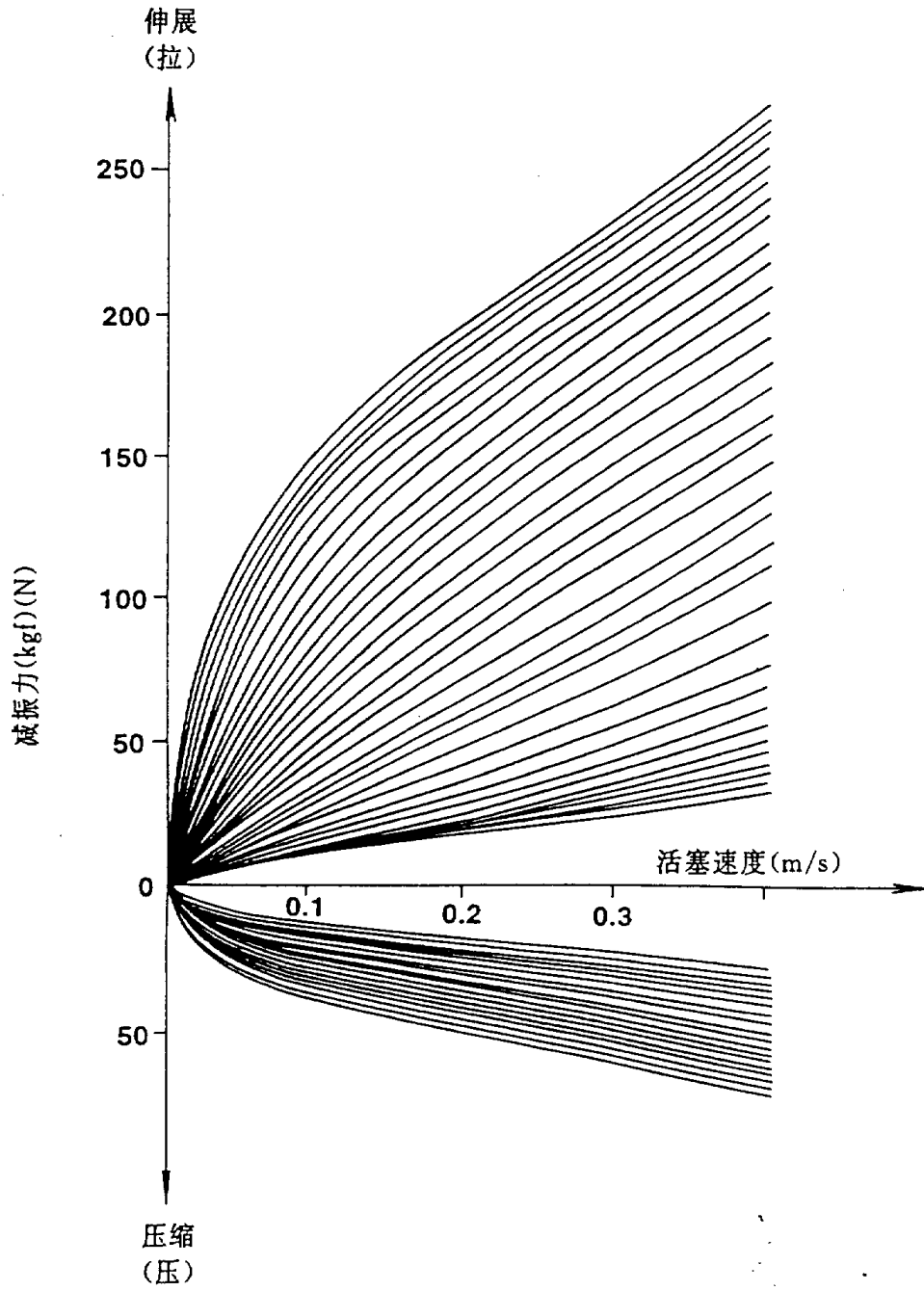


图 6

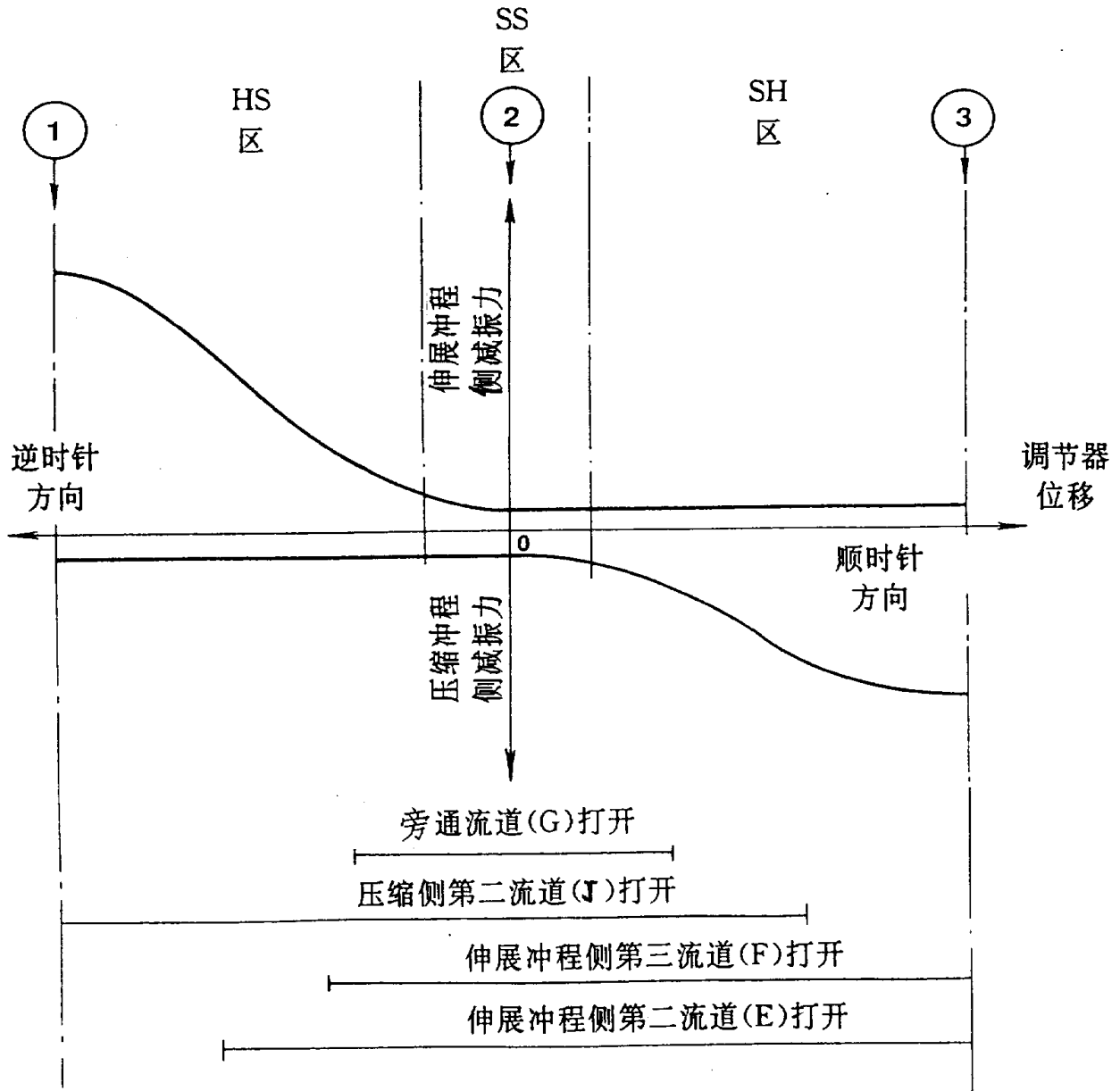


图 7A

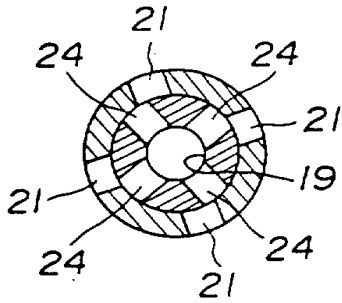


图 7B

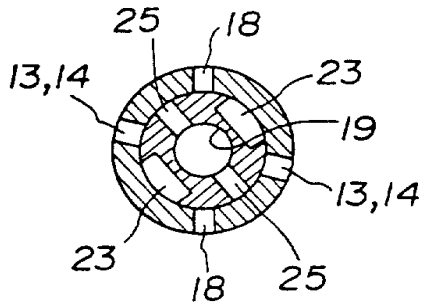


图 7C

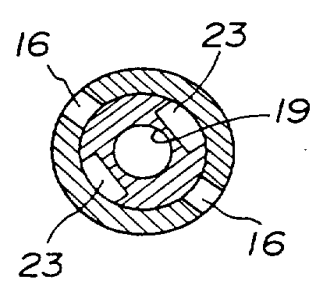


图 8A

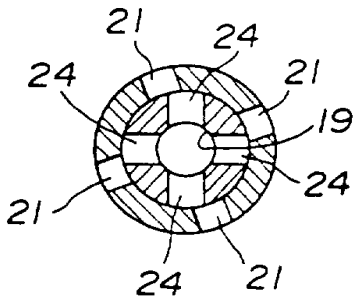


图 8B

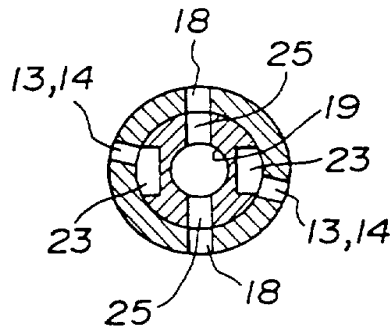


图 8C

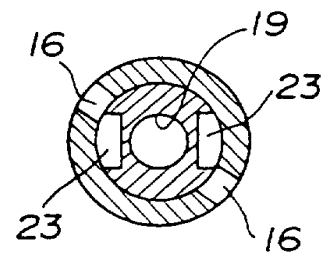


图 9A

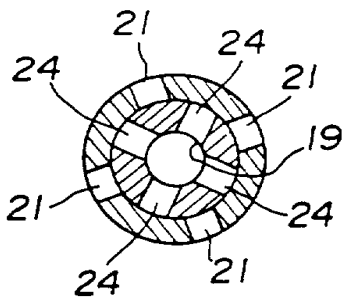


图 9B

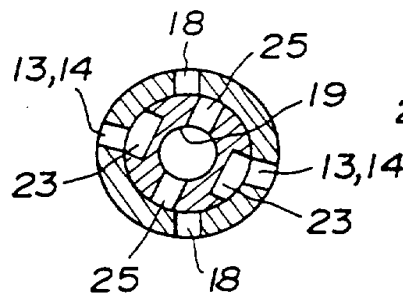


图 9C

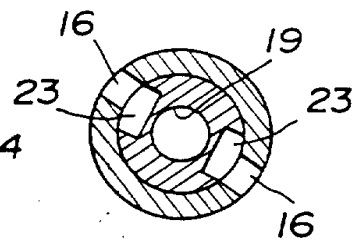


图 10

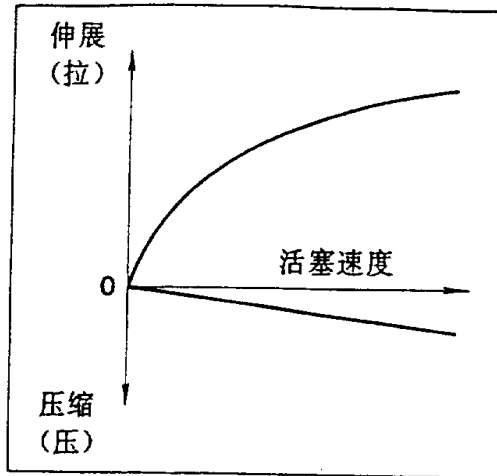


图 11

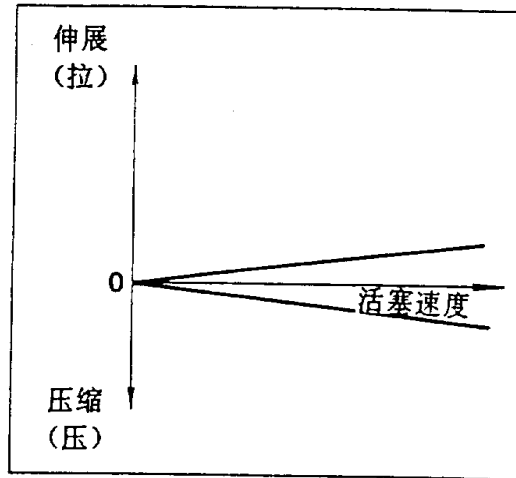


图 12

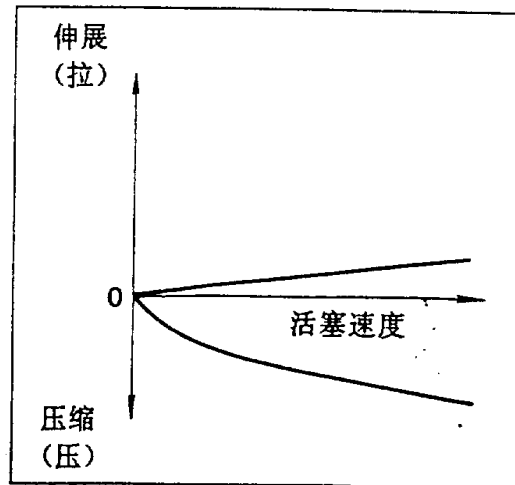


图 13

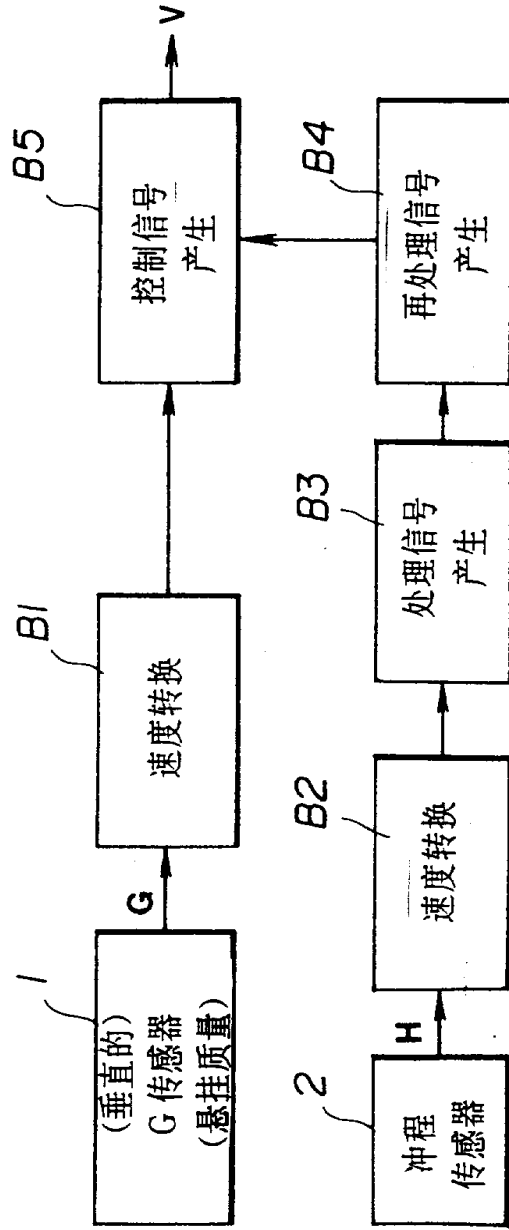
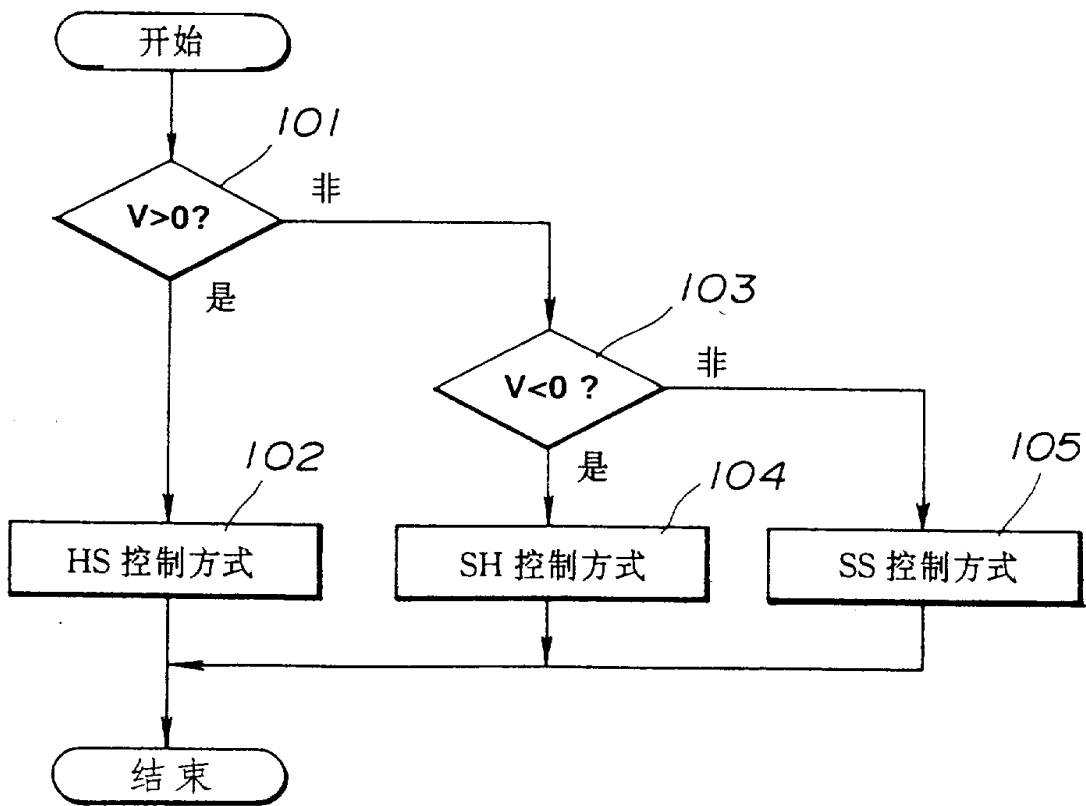


图 14



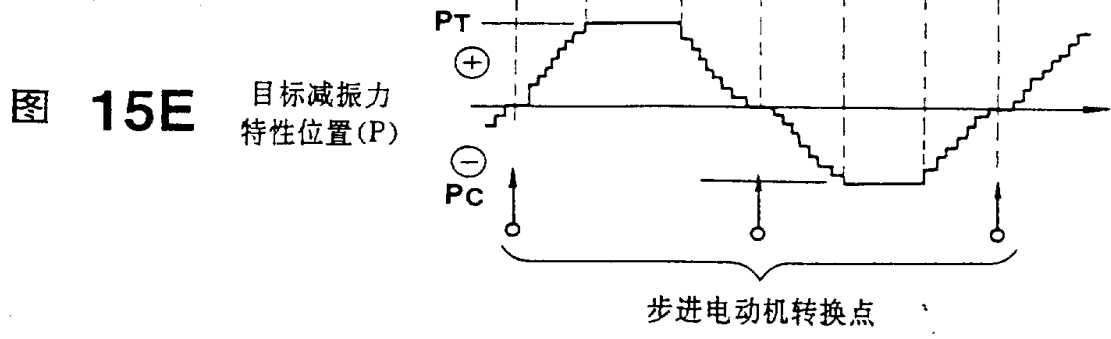
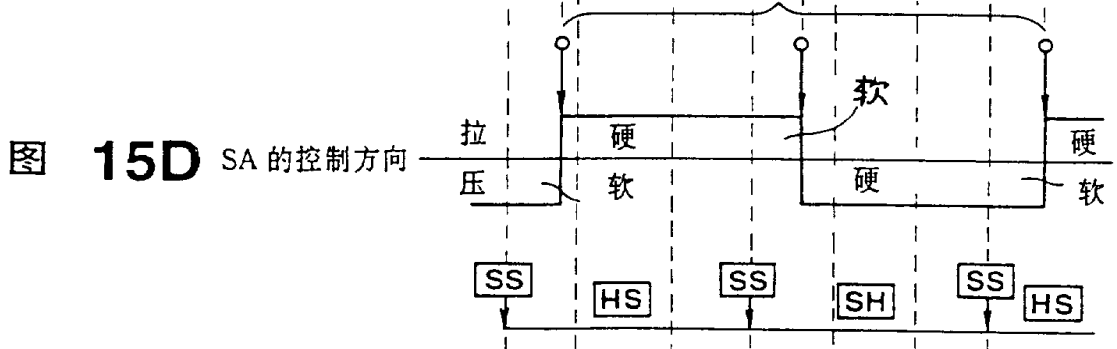
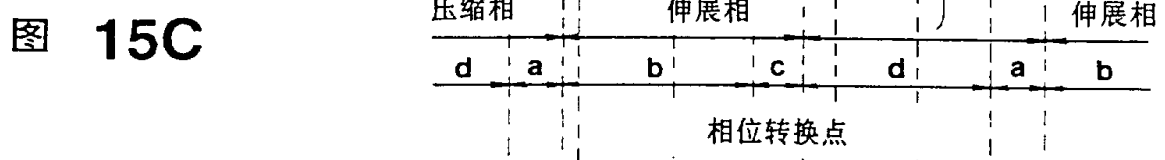
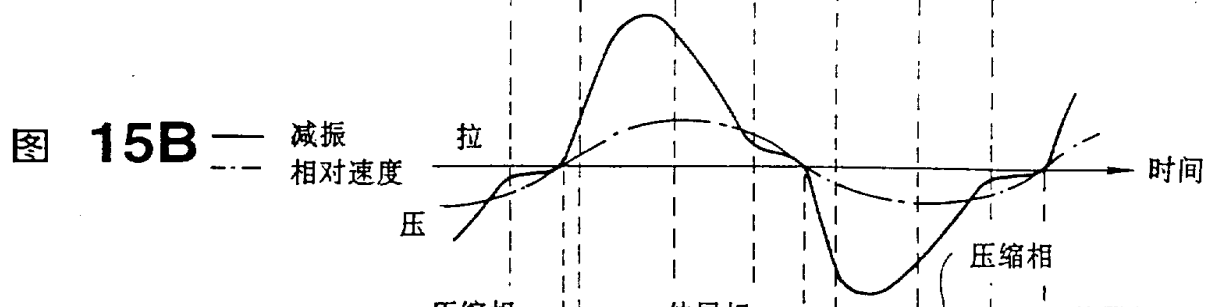
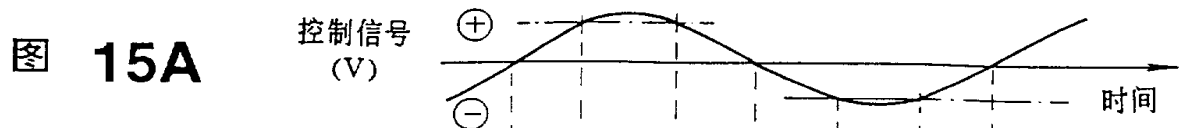


图 16A



图 16B

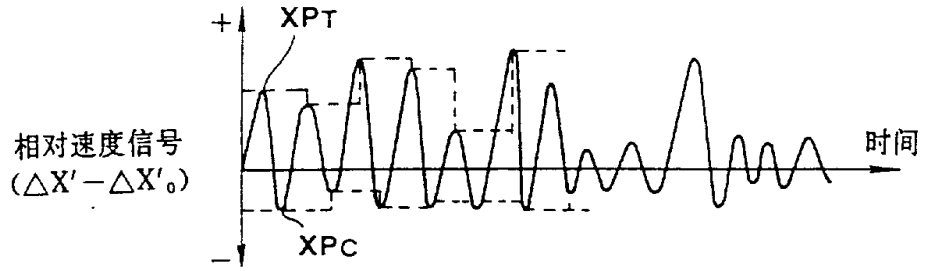


图 16C

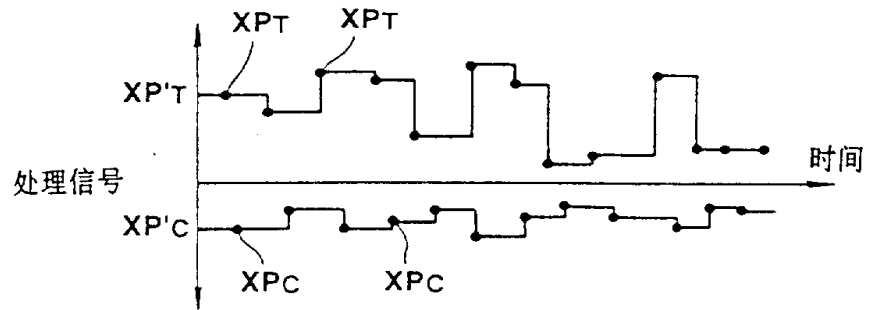


图 16D

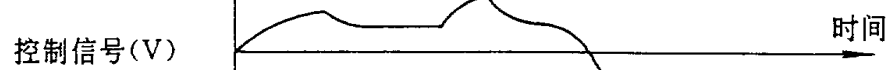


图 16E

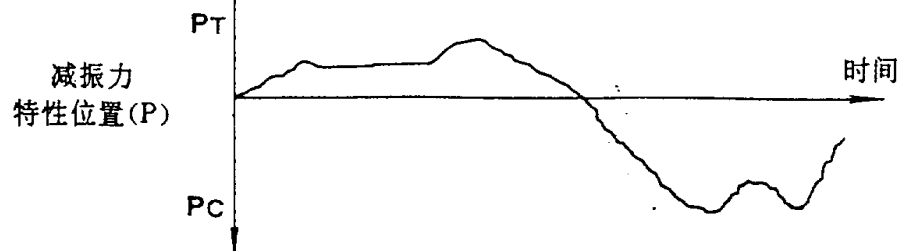


图 17A

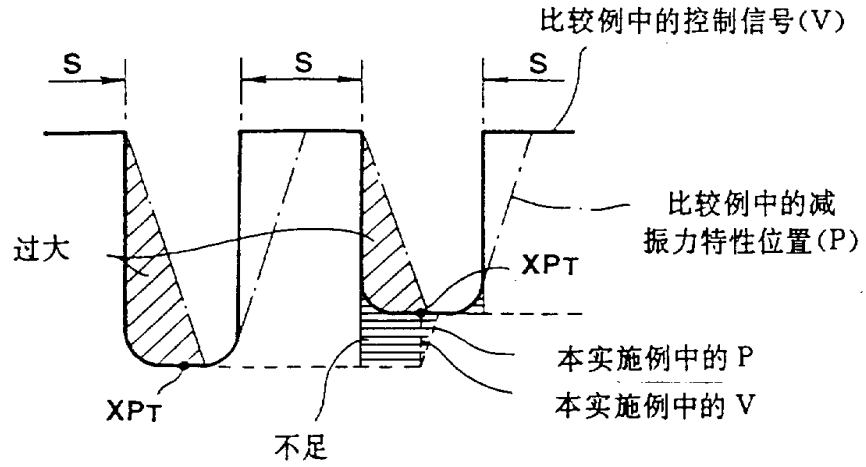


图 17B

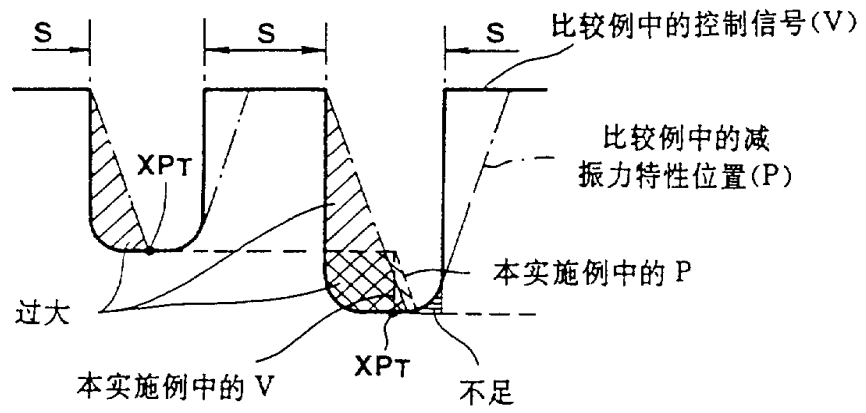


图 17C

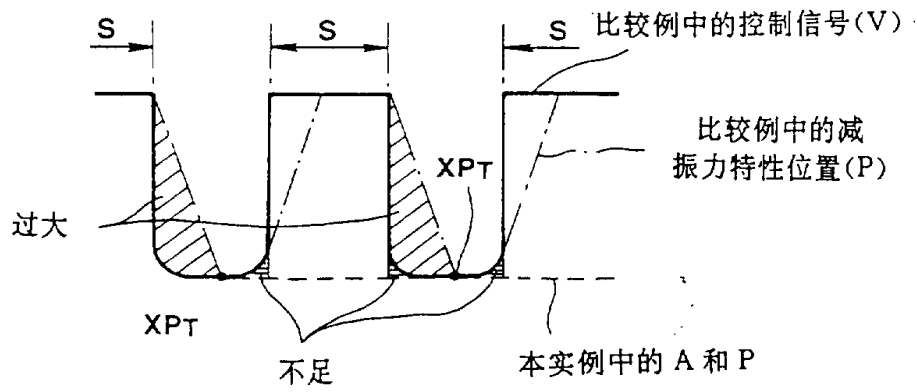


图 18A

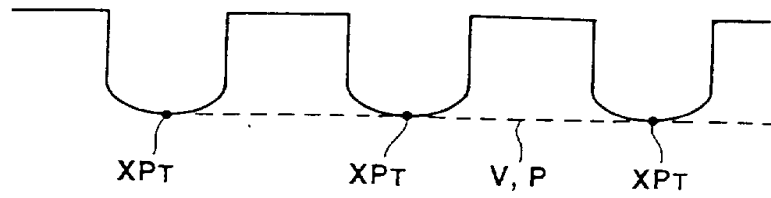


图 18B

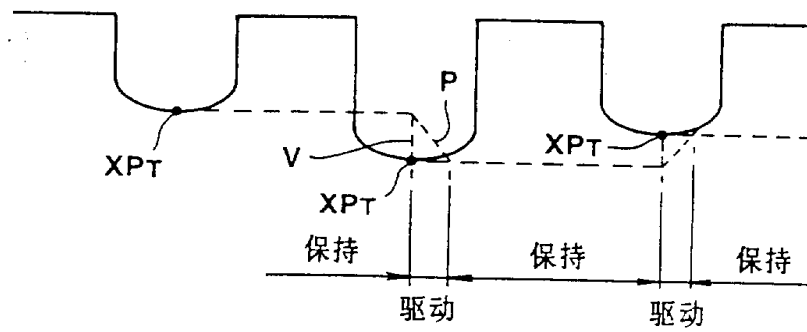


图 18C

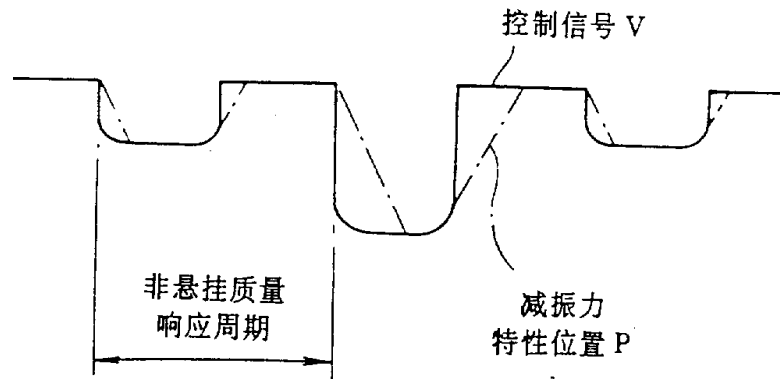


图 19A

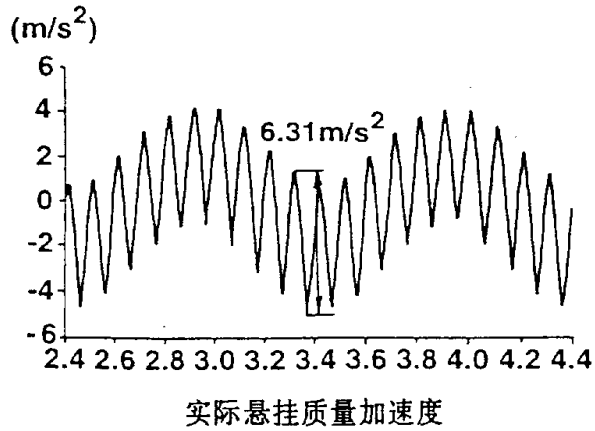


图 19AA

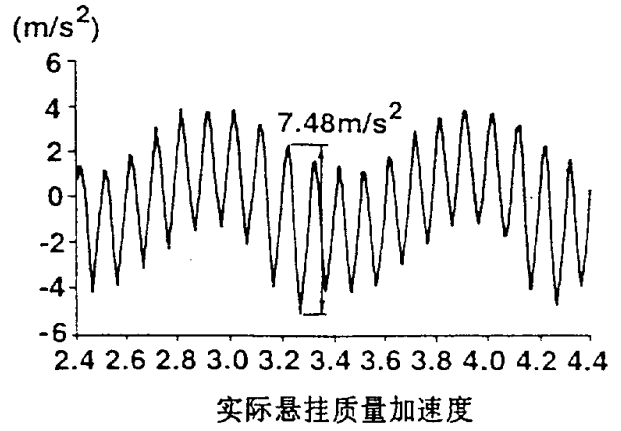


图 19B

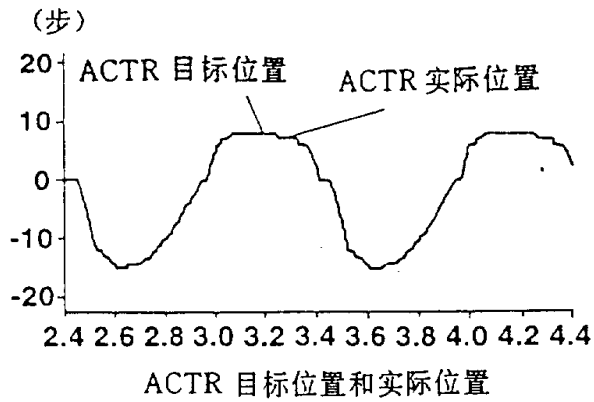


图 19BB

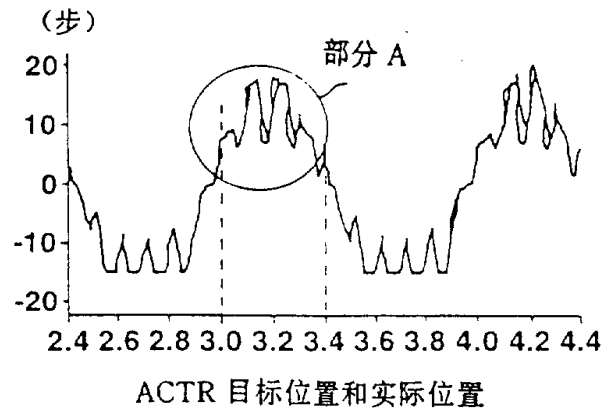


图 19C

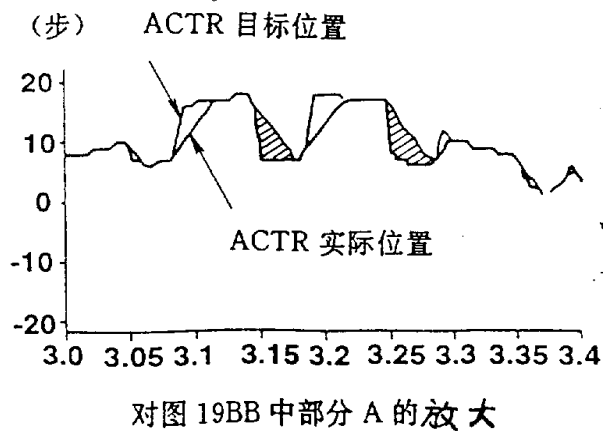


图 20A

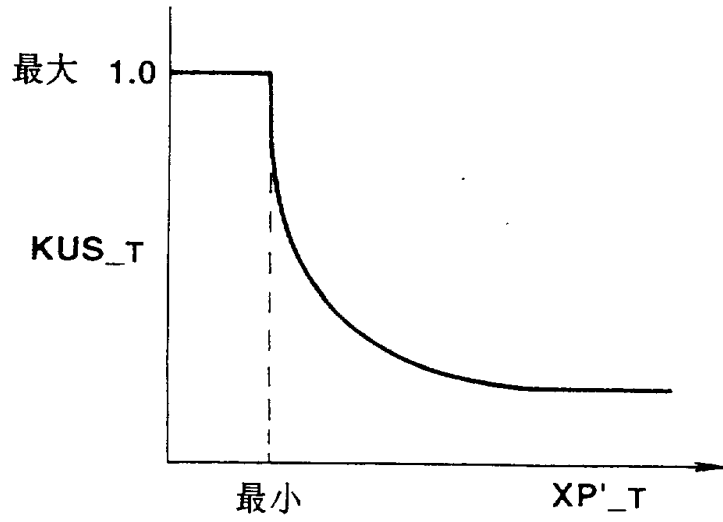


图 20B

