



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110502043 A

(43)申请公布日 2019. 11. 26

(21)申请号 201810479449.9

(22)申请日 2018.05.18

(71)申请人 伊顿公司

地址 美国俄亥俄州

(72)发明人 H·李 姚文熙 陈发毅 吕征宇

(74)专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理有限公司 11280

代理人 胡强

(51)Int.Cl.

G05D 13/60(2006.01)

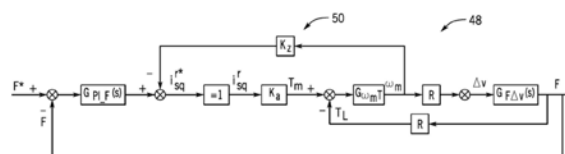
权利要求书4页 说明书7页 附图10页

## (54)发明名称

幅材卷绕机张力控制系统中的动态性能和主动阻尼方法

## (57)摘要

公开一种控制系统,用于控制幅材卷绕机系统中的主要驱动单元和次要驱动单元的操作以提供对连续材料幅材的张力控制。所述控制系统使所述主要驱动单元在速度模式中操作以设定所述连续材料幅材的线速度。所述控制系统从所述幅材卷绕机系统中的检测所述连续材料幅材的张力和速度的张力和速度检测器接收输入,且使所述次要驱动单元在修改的转矩调节的闭环张力控制模式中操作,以便控制所述幅材材料中的张力,所述控制系统使所述次要驱动单元根据转矩调节的闭环张力控制模式操作且将速度反馈回路集成到所述转矩调节的闭环张力控制模式中,以便将主动阻尼引入到所述张力控制中。



1. 一种控制系统,用于控制幅材卷绕机系统中的主要驱动单元和次要驱动单元的操作以当连续材料幅材在所述幅材卷绕机系统的拆卷机与卷绕机之间平移时提供对所述连续材料幅材的张力控制,所述控制系统具有处理器,所述处理器被编程成:

使所述主要驱动单元在速度模式中操作以设定所述连续材料幅材的线速度;

从所述幅材卷绕机系统中的检测所述连续材料幅材中的张力和所述连续材料幅材的速度的张力和速度检测器接收输入;且

使所述次要驱动单元在修改的转矩调节的闭环张力控制模式中操作,以便控制所述幅材材料中的张力,其中在所述修改的转矩调节的闭环张力控制模式中操作包括:

基于来自所述张力检测器的输入,使所述次要驱动单元根据转矩调节的闭环张力控制模式操作;以及

经由来自所述速度检测器的输入,将速度反馈回路集成到所述转矩调节的闭环张力控制模式中,以便将主动阻尼引入到所述张力控制中。

2. 根据权利要求1所述的控制系统,其中所述处理器被编程成使所述次要驱动单元根据定义为如下的闭环传递函数在修改的转矩调节的闭环张力控制模式中操作:

$$G_{\omega_m i s q} = \frac{K_a G_{\omega_m T}}{1 + G_{\omega_m T} R^2 G_{F \Delta v}} = \frac{K_a + K_a F_t s}{J F_t s^2 + J s + R^2 K_F'}$$

其中F是实际张力,  $\omega_m$ 是所述卷绕机的实际速度,  $K_a$ 是电磁转矩与转矩电流之间的比例系数,  $K_F$ 是张力系数,  $G_{\omega_m T}$ 是速度与转矩之间的传递函数,  $G_{F \Delta v}$ 是张力的动态传递函数, R是所述卷绕机的实时直径, J是卷绕块的转动惯量, s是一阶速度项。

3. 根据权利要求1所述的控制系统,其中所述处理器被编程成使所述次要驱动单元根据定义为如下的开环传递函数在修改的转矩调节的闭环张力控制模式中操作:

$$\begin{aligned} G_F(s) &= K_{p_F} \left( 1 + \frac{K_{i_F}}{s} \right) = \frac{K_a R K_F}{J F_t s^2 + (K_z K_a F_t + J) s + R^2 K_F + K_z K_a} \\ &= K_{p_F} \left( 1 + \frac{K_{i_F}}{s} \right) \frac{R K_F K_a}{J F_t \omega_n^2} * \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2} \end{aligned}$$

其中F是实际张力,  $K_a$ 是电磁转矩与转矩电流之间的比例系数, R是所述卷绕机的实时直径, J是所述卷绕块的转动惯量,  $K_F$ 是张力系数,  $K_{i_F}$ 和  $K_z$ 是张力PI系数,  $\omega_n$ 是固有频率, s是一阶速度项, 且  $\xi$ 是阻尼因子。

4. 根据权利要求3所述的控制系统,其中所述开环传递函数中的支配极对具有由以下定义的位置:

$$\left\{ \sqrt{\omega_p^2 + \frac{K_a K_z}{J F_t}}, \frac{1}{2 \sqrt{\omega_p^2 + \frac{K_a K_z}{J F_t}}} \left( 2\xi \omega_p + \frac{K_z K_a}{J} \right) \right\},$$

其中F是实际张力,  $K_a$ 是电磁转矩与转矩电流之间的比例系数, J是卷绕块的转动惯量,  $K_z$ 是张力PI系数,  $\omega_n$ 是固有频率, s是一阶速度项, 且  $\omega_p$ 、 $\xi_p$ 是所述支配极对的频率和阻尼因子。

5. 根据权利要求1所述的控制系统,其中所述处理器被编程成基于所述速度反馈回路

的所述集成而增大所述转矩调节的闭环张力控制模式的交叉频率。

6. 根据权利要求1所述的控制系统,其中所述处理器被编程成基于所述速度反馈回路到所述转矩调节的闭环张力控制模式中的所述集成而消除在所述幅材材料的速度干扰期间的张力振荡。

7. 根据权利要求1所述的控制系统,其中所述处理器被编程成使所述主要驱动单元用作主驱动单元且所述次要驱动单元用作从驱动单元。

8. 一种用于控制幅材材料中的张力的幅材处置系统,所述幅材处置系统包括:

卷绕机和拆卷机,幅材材料在所述卷绕机与所述拆卷机之间传递;

主要驱动单元,包括第一电动机和第一可调式速度驱动器,所述第一电动机和第一可调式速度驱动器旋转地驱动导向辊以将所述幅材材料从所述拆卷机平移到所述卷绕机;

次要驱动单元,包括第二电动机和第二可调式速度驱动器,所述第二电动机和第二可调式速度驱动器旋转地驱动所述卷绕机以将所述幅材材料卷绕到所述卷绕机上;

张力和速度检测器,用以检测所述拆卷机与所述卷绕机之间的所述幅材材料中的张力和所述幅材材料的速度;以及

控制装置,用以控制所述主要驱动单元和所述次要驱动单元的操作以按所要转速分别旋转地驱动所述导向辊和所述卷绕机;

其中,在控制所述主要驱动单元和所述次要驱动单元的操作以按所要转速旋转地驱动所述导向辊和所述卷绕机时,所述控制装置被配置成:

使所述主要驱动单元在速度模式中操作以设定所述幅材材料的线速度;

经由来自所述张力检测器的输入,使所述次要驱动单元在转矩调节的闭环张力控制模式中操作,以便控制所述幅材材料中的张力;且

经由来自所述速度检测器的输入,将速度反馈回路集成到所述转矩调节的闭环张力控制模式中,以便将主动阻尼引入到所述张力控制中。

9. 根据权利要求8所述的幅材处置系统,其中具有集成的速度回路的所述转矩调节的闭环张力控制模式根据如下定义为闭环传递函数:

$$G_{\omega_m i s q} = \frac{K_a G_{\omega_m T}}{1 + G_{\omega_m T} R^2 G_{F \Delta v}} = \frac{K_a + K_a F_t s}{J F_t s^2 + J s + R^2 K_F},$$

其中F是实际张力,  $\omega_m$ 是所述卷绕机的实际速度,  $K_a$ 是电磁转矩与转矩电流之间的比例系数,  $K_F$ 是张力系数,  $G_{\omega_m T}$ 是速度与转矩之间的传递函数,  $G_{F \Delta v}$ 是张力的动态传递函数, R是所述卷绕机的实时直径, J是卷绕块的转动惯量, s是一阶速度项。

10. 根据权利要求9所述的幅材处置系统,其中具有集成的速度回路的所述转矩调节的闭环张力控制模式根据如下定义为开环传递函数:

$$\begin{aligned} G_F(s) &= K_{p_F} \left( 1 + \frac{K_{i_F}}{s} \right) = \frac{K_a R K_F}{J F_t s^2 + (K_z K_a F_t + J) s + R^2 K_F + K_z K_a} \\ &= K_{p_F} \left( 1 + \frac{K_{i_F}}{s} \right) \frac{R K_F K_a}{J F_t \omega_n^2} * \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2} \end{aligned}$$

其中F是实际张力,  $K_a$ 是电磁转矩与转矩电流之间的比例系数, R是所述卷绕机的实时直径, J是所述卷绕块的转动惯量,  $K_F$ 是张力系数,  $K_{i_F}$ 和  $K_z$ 是张力PI系数,  $\omega_n$ 是固有频率, s是一阶速度项,且  $\xi$ 是阻尼因子。

11. 根据权利要求10所述的幅材处置系统, 其中所述开环传递函数中的支配极对具有由以下定义的位置:

$$\left\{ \sqrt{\omega_p^2 + \frac{K_a K_z}{J F_t}}, \frac{1}{2\sqrt{\omega_p^2 + \frac{K_a K_z}{J F_t}}} \left( 2\xi\omega_p + \frac{K_z K_a}{J} \right) \right\},$$

其中F是实际张力,  $K_a$ 电磁转矩与转矩电流之间的比例系数, J是卷绕块的转动惯量,  $K_z$ 是张力PI系数,  $\omega_n$ 是固有频率, s是一阶速度项, 且 $\omega_p$ 、 $\xi_p$ 是所述支配极对的频率和阻尼因子。

12. 根据权利要求8所述的幅材处置系统, 其中所述控制装置被配置成基于所述速度反馈回路的所述集成而增大所述转矩调节的闭环张力控制模式的交叉频率。

13. 根据权利要求8所述的幅材处置系统, 其中所述控制装置被配置成基于所述速度反馈回路到所述转矩调节的闭环张力控制模式中的集成而消除在所述幅材材料的速度干扰期间的张力振荡。

14. 根据权利要求8所述的幅材处置系统, 其中所述控制装置包括比例积分 (PI) 控制器。

15. 根据权利要求8所述的幅材处置系统, 进一步包括额外驱动单元, 所述额外驱动单元包含第三电动机和第三可调式速度驱动器, 所述第三电动机和第三可调式速度驱动器旋转地驱动所述拆卷机展开所述幅材材料。

16. 根据权利要求1所述的幅材处置系统, 其中所述控制装置被配置成控制所述主要驱动单元用作主驱动单元且所述次要驱动单元用作从驱动单元。

17. 一种控制在幅材卷绕机系统中的拆卷机与卷绕机之间平移的连续材料幅材中的张力控制的方法, 所述方法包括:

控制所述幅材卷绕机系统的主要驱动单元以在速度模式中操作以设定所述连续材料幅材的线速度; 以及

控制所述幅材卷绕机系统的次要驱动单元以在修改的转矩调节的闭环张力控制模式中操作, 以便控制所述幅材材料中的张力;

其中, 在控制所述次要驱动单元时, 所述修改的转矩调节的闭环张力控制模式包括转矩电流回路、张力回路和速度反馈回路, 以控制所述幅材材料中的所述张力。

18. 根据权利要求17所述的方法, 其中控制所述幅材卷绕机系统的所述次要驱动单元以在所述修改的转矩调节的闭环张力控制模式中操作进一步包括:

从所述幅材卷绕机系统中的检测所述连续材料幅材中的张力和所述连续材料幅材的速度的张力和速度检测器接收输入;

经由来自所述张力检测器的输入, 使所述次要驱动单元在包括所述转矩电流回路和所述张力回路的转矩调节的闭环张力控制模式中操作, 以便控制所述幅材材料中的张力; 以及

经由来自所述速度检测器的输入, 将所述速度反馈回路集成到所述转矩调节的闭环张力控制模式中, 以便将主动阻尼引入到所述张力控制中。

19. 根据权利要求17所述的方法, 其中所述修改的转矩调节的闭环张力控制模式根据如下定义为闭环传递函数:

$$G_{\omega_m i_{sq}} = \frac{K_a G_{\omega_m T}}{1 + G_{\omega_m T} R^2 G_{F \Delta v}} = \frac{K_a + K_a F_t s}{J F_t s^2 + J s + R^2 K_F},$$

其中F是实际张力,  $\omega_m$ 是所述卷绕机的实际速度,  $K_a$ 是电磁转矩与转矩电流之间的比例系数,  $K_F$ 是张力系数,  $G_{\omega_m T}$ 是速度与转矩之间的传递函数,  $G_{F \Delta v}$ 是张力的动态传递函数, R是所述卷绕机的实时直径, J是卷绕块的转动惯量, s是一阶速度项。

20. 根据权利要求17所述的方法, 其中所述修改的转矩调节的闭环张力控制模式根据如下定义为开环传递函数:

$$\begin{aligned} G_F(s) &= K_{p_F} \left( 1 + \frac{K_{i_F}}{s} \right) = \frac{K_a R K_F}{J F_t s^2 + (K_z K_a F_t + J) s + R^2 K_F + K_z K_a} \\ &= K_{p_{-F}} \left( 1 + \frac{K_{i_F}}{s} \right) \frac{R K_F K_a}{J F_t \omega_n^2} * \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2} \end{aligned}$$

其中F是实际张力,  $K_a$ 是电磁转矩与转矩电流之间的比例系数, R是所述卷绕机的实时直径, J是所述卷绕块的转动惯量,  $K_F$ 是张力系数,  $K_{i_F}$ 和 $K_z$ 是张力PI系数,  $\omega_n$ 是固有频率, s是一阶速度项, 且 $\xi$ 是阻尼因子。

## 幅材卷绕机张力控制系统中的动态性能和主动阻尼方法

### 背景技术

[0001] 本发明大体上涉及控制连续材料幅材中的张力,且更具体地说涉及用于控制连续材料幅材中的张力的系统和方法,在所述连续材料幅材中,系统阻尼得到改进且因此较好张力响应得以实现。

[0002] 带材和片材的生产和处理,即,“幅材处置应用”,积极用于许多领域,例如幅材印刷、报纸压制等等。在此类幅材处置应用中,基本的要求是根据规格生产材料的幅材,所述规格通常包含至少预先确定的厚度和预先确定的材料特性。为实现此类预先确定的要求,必须准确地控制在处理期间施加到幅材的任何机械力。将带材材料从过程的一个部分输送到另一部分的传递辊必须在施加受控张力或压力时输送幅材材料,所述受控张力或压力得到准确地控制且均匀分布在辊的宽度上。

[0003] 在控制施加到幅材的机械力时,最重要的要求是使系统的张力和线速度稳定。因此,已建议相当多的张力控制方法,例如常规的比例积分 (PI) 控制、模糊自适应比例-积分-微分 (PID) 控制和自抗扰控制。常规的PI控制方法主要基于转矩调节的或速度调节的控制。图1A和图1B分别说明此类转矩调节的 (1A) 和速度调节的 (1B) 张力控制。如可见,转矩调节的张力控制技术由转矩电流回路和张力的回路组成,而速度调节的张力控制技术不仅具有转矩电流回路和张力的回路,且还具有级联到张力回路中的中间速度回路。根据图1A,转矩调节的张力控制的二阶开环传递函数根据以下获得:

[0004]

$$G_F(s) = K_{p\_F} \left(1 + \frac{K_{i\_F}}{s}\right) * K_a * \frac{RK_F}{JF_t s^2 + Js + R^2 K_F} = K_{p\_F} \left(1 + \frac{K_{i\_F}}{s}\right) * \frac{RK_F K_a}{JF_t \omega_n^2} * \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2}$$

[方程 1],

[0005] 其中,在图1A和[方程1]中, $F^*$ 是给定张力, $F$ 是实际张力, $\omega'_m$ 是主要电动机的实际速度, $\omega_m$ 是卷绕机的实际速度, $G_{PI\_F}(z)$ 是张力回路的PID, $i_{sq}$ 是转矩产生的电流, $K_a$ 是电磁转矩与转矩电流之间的比例系数, $K_F$ 是以 $\text{kN} \cdot \text{s}/\text{m}$ 为单位的张力常数, $T_m$ 是电动机转矩, $G_{\omega_m T}$ 是速度与转矩之间的传递函数, $R$ 是卷绕机的实时直径, $T_L$ 是负载转矩, $G_{F\Delta v}$ 是张力的动态传递函数, $\omega_n$ 是固有频率, $J$ 是卷绕块的转动惯量, $r$ 是主要电动机的半径,且 $\Delta v$ 是主要电动机附近的速度与次要电动机附近的速度之间的速度差。

[0006] 根据图1B,速度调节的张力控制是三阶系统且根据以下获得:

[0007]

$$G_F(s) = K_{p\_F} \left(1 + \frac{K_{i\_F}}{s}\right) * \frac{K_a RK_{p\_w} K_F (s + K_{i\_w})}{JF_t s^3 + (J + K_a K_{p\_w} F_t) s^2 + (R^2 K_F + K_a K_{p\_w} + K_a K_{p\_w} K_{i\_w} F_t) s + K_a K_{p\_w} K_{i\_w}}$$

[方程 2],

[0008] 其中,在图1B和[方程2]中, $F^*$ 是给定张力, $F$ 是实际张力, $\omega_m^*$ 是卷绕机的给定速度, $\omega_m$ 是卷绕机的实际速度, $G_{PI\_F}(z)$ 是张力回路的PID, $\omega'_m$ 是主要电动机的实际速度, $(\tilde{\omega}_m(k))$ 是卷绕机的采样速度, $G_{PI\_w}(z)$ 是速度回路的PID, $i_{sq}$ 是转矩产生的电流, $K_a$ 是电磁

转矩与转矩电流之间的比例系数,  $K_F$  是以  $\text{kN} \cdot \text{s/m}$  为单位的张力常数,  $T_m$  是电动机转矩,  $G_{\omega_m r}$  是速度与转矩之间的传递函数,  $J$  是卷绕块的转动惯量,  $R$  是卷绕机的实时直径,  $T_L$  是负载转矩,  $G_{F\Delta v}$  是张力的动态传递函数,  $G_d$  是速度采样的延迟,  $r$  是主要电动机的半径, 且  $\Delta v$  是主要电动机附近的速度与次要电动机附近的速度之间的速度差。

[0009] 为了具有良好动态性能, 用于张力控制, 张力PI控制器增益的  $K_p$  和  $K_i$  应适当地设计成实现足够的系统增益和相位余量。然而, 应认识到, 转矩调节的张力控制的交叉频率小于速度调节的张力控制的交叉频率。转矩调节的张力控制的阶跃响应倾向于更易于振动, 这是因为转矩调节的张力控制系统的交叉频率受到其固有谐振频率的低阻尼的限制。尽管可将导出项添加在PID控制中以实现快速系统张力响应, 但其将会将噪声引入到系统。此引发的微小噪声在普通持续系统中可能是可接受的; 然而, 对于例如不连续系统等具有高控制性能要求的系统来说是不合适的。在速度调节的张力控制中, 通过引入级联的速度回路来改进动态性能。然而, 此种张力回路的交叉频率受到相对低速度环路带宽的限制, 尤其对于具有大惯量的系统来说。

[0010] 因此, 需要提供一种用于控制连续材料幅材中的张力的系统和方法, 此系统和方法在低振动和低噪声的情况下提供快速动态系统张力响应, 可用于各种不同系统, 包含具有大惯量的系统。

## 发明内容

[0011] 根据本发明的一个方面, 提供一种控制系统, 用于控制幅材卷绕机系统中主要驱动单元和次要驱动单元的操作以当其在幅材卷绕机系统的拆卷机与卷绕机之间平移时提供对连续材料幅材的张力控制。控制系统包含处理器, 所述处理器编程成使主要驱动单元在速度模式中操作以设定连续材料幅材的线速度, 从检测连续材料幅材中的张力和连续材料幅材的速度的幅材卷绕机系统中的张力和速度检测器接收输入, 且使次要驱动单元在修改的转矩调节的闭环张力控制模式中操作, 以便控制幅材材料中的张力。在以修改的转矩调节的闭环张力控制模式操作时, 处理器进一步编程成基于来自张力检测器的输入使次要驱动单元根据转矩调节的闭环张力控制模式操作, 且经由来自速度检测器的输入将速度反馈回路集成到转矩调节的闭环张力控制模式中, 以便将主动阻尼引入到张力控制中。

[0012] 根据本发明的另一方面, 用于控制幅材材料中的张力的幅材处置系统包含: 卷绕机和拆卷机, 幅材材料在所述卷绕机与所述拆卷机之间传递; 和主要驱动单元, 包括第一电动机和第一可调式速度驱动器, 第一电动机和第一可调式速度驱动器旋转地驱动导向辊以将幅材材料从拆卷机平移到卷绕机。幅材处置系统也包含次要驱动单元, 所述次要驱动单元包括第二电动机和第二可调式速度驱动器, 第二电动机和第二可调式速度驱动器旋转地驱动卷绕机以将幅材材料卷绕到卷绕机上。幅材处置系统进一步包含: 张力和速度检测器, 以检测拆卷机与卷绕机之间的幅材材料中的张力和所述幅材材料的速度; 和控制装置, 以控制主要驱动单元和次要驱动单元的操作, 以按所要转速分别旋转地驱动导向辊和卷绕机, 其中, 在控制主要驱动单元和次要驱动单元的操作以按所要转速分别旋转地驱动导向辊和卷绕机时, 控制装置配置成使主要驱动单元在速度模式中操作以设定幅材材料的线速度, 经由来自张力检测器的输入, 使次要驱动单元在转矩调节的闭环张力控制模式中操作, 以便控制幅材材料中的张力, 且经由来自速度检测器的输入, 将速度反馈回路集成到转矩

调节的闭环张力控制模式中,以便将主动阻尼引入到张力控制中。

[0013] 根据本发明的又一方面,控制在幅材卷绕机系统中的拆卷机与卷绕机之间平移的连续材料幅材中的张力控制的方法包含控制幅材卷绕机系统的主要驱动单元以在速度模式中操作以设定连续材料幅材的线速度,以及控制幅材卷绕机系统的次要驱动单元以在修改的转矩调节的闭环张力控制模式中操作,以便控制幅材材料中的张力,其中,在控制次要驱动单元时,修改的转矩调节的闭环张力控制模式包括转矩电流回路、张力回路和速度反馈回路,以控制幅材材料中的张力。

[0014] 从以下详细描述和图式将显而易见本发明的各种其它特征和优势。

## 附图说明

[0015] 图式说明当前预期用于进行本发明的优选实施例。

[0016] 在图式中:

[0017] 图1A是如现有技术中所已知的用于控制连续材料幅材中的张力的转矩调节的张力控制方案的框图。

[0018] 图1B是如现有技术中所已知的用于控制连续材料幅材中的张力的速度调节的张力控制方案的框图。

[0019] 图2是可与本发明的实施例一起使用的幅材卷绕机系统的示意框图。

[0020] 图3是图2的幅材卷绕机系统的简化示意框图。

[0021] 图4是根据本发明的实施例的用于控制连续材料幅材中的张力的具有主动阻尼的转矩调节的张力控制方案的框图。

[0022] 图5A到图5C是说明分别用于现有技术转矩调节的张力控制技术、现有技术速度调节的张力控制技术和具有主动阻尼的示例性转矩调节的张力控制技术的波德图的曲线图。

[0023] 图6A到图6C是说明分别用于现有技术转矩调节的张力控制技术、现有技术速度调节的张力控制技术和具有主动阻尼的示例性转矩调节的张力控制技术的张力阶跃响应图的曲线图。

[0024] 图7A到图7C是说明分别用于现有技术转矩调节的张力控制技术、现有技术速度调节的张力控制技术和具有主动阻尼的示例性转矩调节的张力控制技术的由示例性模拟产生的张力控制阶跃响应的曲线图。

[0025] 图8A到图8C是说明分别用于现有技术转矩调节的张力控制技术、现有技术速度调节的张力控制技术和具有主动阻尼的示例性转矩调节的张力控制技术的由其中引入速度干扰的示例性模拟产生的张力控制阶跃响应的曲线图。

## 具体实施方式

[0026] 本发明的实施例涉及用于控制连续材料幅材中的张力的系统和方法,且更具体地说,涉及用于控制连续材料幅材中的张力的系统和方法,在连续材料幅材中,系统阻尼得到改进且因此较好张力响应得以实现。幅材卷绕系统中的主要驱动单元和次要驱动单元分别在速度模式和修改的转矩调节的闭环张力控制模式中操作,速度反馈回路集成到转矩调节的闭环张力控制模式中以改进系统阻尼且实现控制连续材料幅材中的张力时的更快响应时间。



[0027] 图2是示出用于卷绕和解绕产品膜或幅材材料的系统10,即,“幅材卷绕机系统”的图式,此类卷绕和解绕以张紧度受控的方式执行以确保幅材材料12的完整性。图2的系统可以是例如纸后处理设备,例如压延机/加压器、印刷机,或用于连续材料幅材的任何其它处理设备,其中在此后处理期间,材料12从一个辊解绕且卷绕到一个或多个其它辊上。

[0028] 图2示出拆卷机14,在所述拆卷机14中放置幅材材料12的机器卷轴或辊16,幅材材料从辊16解绕且提供到系统10中的卷绕机20(即,“重绕机”)上的机器卷轴或辊18。根据图2的实施例,拆卷机14和卷绕机20中的每一个包含由电动机26、28(例如,AC感应电动机)组成的相应驱动单元22、24,所述电动机26、28由例如可调式速度驱动器(ASD)的电动机驱动器30、32控制。电动机驱动器30、32允许对电动机26、28的动态控制,以控制幅材材料12在拆卷机14与卷绕机20之间的移动。

[0029] 如图2中进一步示出,主要驱动单元34也包含于定位于拆卷机14与卷绕机20之间的系统10中。主要驱动单元34包含由例如ASD的电动机驱动器38控制的电动机36(例如,AC电动机)。主要驱动单元34用以旋转地驱动两个轧辊或辊40,所述两个轧辊或辊40在其间施加力以沿着幅材材料12产生摩擦张力,所述摩擦张力与材料与辊隙表面之间的力和摩擦系数成正比。

[0030] 图2还示出控制系统或装置42,所述控制系统或装置42可操作地连接到驱动单元22、24、34(即,连接到电动机驱动器30、32、38)中的每一个且还连接到定位在沿着幅材材料12的各个点处的速度和张力传感器44。举例来说,控制系统42将控制信息提供到电动机驱动器30、32、38,所述电动机驱动器30、32、38基于控制信息控制相应的电动机26、28、36,以提供所要幅材速度和幅材张紧度。根据本发明的实施例,控制系统42可提供为PI控制器或PID控制器,所述PI控制器或PID控制器在其中包含处理器44,用于执行命令以实施所要控制。

[0031] 根据示例性实施例,控制系统42实施具有主动阻尼的转矩调节的张力控制方案以控制幅材材料12中的张力。相比于先前所使用的转矩调节的张力控制技术,具有添加的主动阻尼的转矩调节的张力控制提供PI张力控制器回路的更高交叉频率,以便提供系统10中改进/更快张力响应且由此进一步改进系统的动态性能。根据下文且参看幅材卷绕机系统10的简化图和图3中所提供的系统10的相关联的可测量参数,论述由控制系统42实施的用于控制主要驱动单元34和驱动单元22(即,“次要驱动单元”)的操作的控制方案。在图3中, $K_F$ 是以 $\text{kN} \cdot \text{s/m}$ 为单位的张力常数, $v_1$ 表示在主卷芯轴卷绕卷材处的线速度, $v_2$ 表示在运输轮送出卷材处的线速度, $\omega_1$ 表示主卷的实时角速度, $R_{10}$ 表示主卷芯轴的半径, $R_1$ 表示卷绕的实时半径, $F_1$ 表示施加到主卷芯轴和卷材的张力, $J$ 是卷绕块的转动惯量, $M_1$ 是施加到卷绕块的等效驱动转矩,且 $M_{F_1}$ 是施加到卷绕块的机械摩擦转矩。

[0032] 在操作系统10且由此移动幅材材料12时,控制系统42用以经由控制在速度模式中工作的主要驱动单元34来设定幅材过程应用的线速度,主要驱动单元34充当系统10中的主驱动器。卷绕机20和其相关联次要驱动单元22充当在转矩闭环张力控制模式中操作的从驱动器。假设辊18与幅材材料12之间无粘性项和滑动,张力模型表达为:

$$[0033] \quad G_{F\Delta v}(s) = \frac{F(s)}{\Delta V(s)} = \frac{K_F}{F_t s + 1} \quad [\text{方程 3}],$$

[0034] 其中 $K_F/F_t$ 是带材弹簧常数且 $1/F_t$ 表示跨幅材材料的时间常数的倒数。

[0035] 如图4的框图中可见,在经由控制系统42实施具有主动阻尼48的转矩调节的张力控制方案(即,“修改的转矩调节的闭环张力控制模式”)时,分子包含‘s’的一阶项,其意指系统阻尼可能增加了速度反馈,在50处指示,转矩电流与电动机速度之间的传递函数表达为:

$$[0036] \quad G_{\omega_m i_{sq}} = \frac{K_a G_{\omega_m T}}{1 + G_{\omega_m T} R^2 G_{F \Delta v}} = \frac{K_a + K_a F_t s}{J F_t s^2 + J s + R^2 K_F} \quad [\text{方程 4}],$$

[0037] 因此,开环传递函数变成:

$$[0038] \quad G_F(s) = K_{pF} \left( 1 + \frac{K_{iF}}{s} \right) = \frac{K_a R K_F}{J F_t s^2 + (K_z K_a F_t + J) s + R^2 K_F + K_z K_a}$$

$$= K_{p-F} \left( 1 + \frac{K_{iF}}{s} \right) \frac{R K_F K_a}{J F_t \omega_n^2} * \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi \omega_n s + \omega_n^2} \quad [\text{方程 5}],$$

[0039] 其中,在图4和[方程4]和[方程5]中, $F^*$ 是给定张力, $F$ 是实际张力, $\omega_m$ 是卷绕机的实际速度, $G_{PI-F}(s)$ 是张力回路的PID, $i_{sq}$ 是转矩产生的电流, $K_a$ 是电磁转矩与转矩电流之间的比例系数, $K_F$ 是张力系数, $K_{iF}$ 和 $K_z$ 是张力PI系数, $T_m$ 是电动机转矩, $G_{\omega_m T}$ 是速度与转矩之间的传递函数, $R$ 是卷绕机的实时直径, $J$ 是卷绕块的转动惯量, $T_L$ 是负载转矩, $G_{F \Delta v}$ 是张力的动态传递函数, $\omega_n$ 是固有频率, $\xi$ 是制动/阻尼因子, $r$ 是主要电动机的半径,且 $\Delta v$ 是主要电动机附近的速度与次要电动机附近的速度之间的速度差。

[0040] 在比较修改的转矩调节的张力控制方案(即,具有主动阻尼)中实施的开环传递函数[方程5]与现有技术转矩调节的张力控制方案中实施的开环传递函数[方程1]时可以看出,系统阻尼显著增大且张力控制设备中的支配极对 $\{w_p, \xi_p\}$ 移动到以下位置中:

$$[0041] \quad \left\{ \sqrt{\omega_p^2 + \frac{K_a K_z}{J F_t}}, \frac{1}{2 \sqrt{\omega_p^2 + \frac{K_a K_z}{J F_t}}} \left( 2\xi \omega_p + \frac{K_z K_a}{J} \right) \right\}$$

[方程 6]。

[0042] 利用适当的反馈参数 $K_z$ 和调谐的张力PI控制参数 $K_p$ 、 $K_i$ ,建议的张力回路的交叉频率增加且实现与比较的现有技术转矩调节的和速度调节的张力控制技术一样的改进的动态性能。图5A到图5C是说明用于现有技术转矩调节的张力控制技术(图5A)、现有技术速度调节的张力控制技术(图5B)和具有主动阻尼的示例性转矩调节的张力控制技术(图5C)的波德图52、54、56。通过比较图式可以看出,图5C中定义的建议的张力回路的交叉频率大于图5A和图5B中提供的那些张力回路的交叉频率,且实现大为改进的动态性能。

[0043] 现参看图6A到6C,说明用于现有技术转矩调节的张力控制技术(图6A)、现有技术速度调节的张力控制技术(图6B)和具有主动阻尼的示例性转矩调节的张力控制技术(图6C)的张力阶跃响应图58、60、62。通过比较图式可以看出,基于转矩调节的张力控制系统的交叉频率受到其固有谐振频率的低阻尼的限制,转矩调节的张力控制(图6A)的阶跃响应倾向于更易于振动,此类振动在图6C中所定义的张力阶跃响应中消除。如图6C中所示出,张力系统阶跃响应时间明显比图6A和图6B中的那些时间更快。

[0044] 下文中阐述根据示例性实施例的经由具有主动阻尼的示例性转矩调节的张力控制技术的实施所实现的张力控制结果的实例。在实例中,利用Matlab/Simulink的时域模拟

平台评估建议的张力控制方法的性能,主要系统参数包含:

[0045] 异步机:30kW、50Hz、380V

[0046] DC总线电压:540V

[0047] 开关频率:6kHz

[0048] 采样频率:12kHz

[0049] 卷绕机的初始半径:0.1m

[0050] 主要驱动器的半径:0.02m

[0051] 无张力情况下的反馈滑动(S):0.08

[0052] 辊厚度( $\sigma$ ):10 $\mu$ m

[0053] 向前滑动效应的系数( $\beta$ ):0.5kN

[0054] 卷绕机的横截面积( $A_0$ ):2.27mm<sup>2</sup>

[0055] 卷绕机与主要驱动器之间的距离(L):3500mm

[0056] 弹性模量(E):2.058 $\times 10^5$ N/mm<sup>2</sup>

[0057] 处理的线速度( $V_b$ ):3m/s

[0058] 在模拟中,主要/主驱动单元34处于速度模式且次要/从驱动单元22处于封闭张力回路,且应用不同张力控制方法,即,现有技术转矩调节的张力控制技术、现有技术速度调节的张力控制技术和具有主动阻尼的示例性转矩调节的张力控制技术。图7A到图7C中描绘对应的模拟结果,说明用于现有技术转矩调节的张力控制技术(图7A)、现有技术速度调节的张力控制技术(图7B)和具有主动阻尼的示例性转矩调节的张力控制技术(图7C)的张力控制阶跃响应64、66、68。在图7A到图7C中可以看出具有主动阻尼的闭环张力控制的建议的转矩模式具有最佳动态性能和优良的阶跃响应时间,同时不呈现任何过冲。

[0059] 现参看图8A到图8C,评估不同张力控制方法中的每一个的干扰抑制能力。图8A到图8C说明当引入速度干扰时张力回路的性能,说明用于现有技术转矩调节的张力控制技术(图8A)、现有技术速度调节的张力控制技术(图8B)和具有主动阻尼的示例性转矩调节的张力控制技术(图8C)的张力控制阶跃响应70、72、74。在图8A到图8C中可以看出当将速度干扰引入到幅材材料上时具有主动阻尼的闭环张力控制的建议的转矩模式完全消除张力系统振荡。

[0060] 有益的是,本发明的实施例因此提供具有主动阻尼的转矩调节的张力控制,其通过将额外速度反馈回路引入到转矩调节的张力控制来实现。速度反馈回路的引入使得幅材卷绕系统能够实现大的系统固有频率和阻尼,由此提高以动态方式控制幅材材料中的张力的系统响应性。

[0061] 本发明的实施例的技术成果是将计算机实施的技术提供用于具有主动阻尼的转矩调节的张力控制。

[0062] 根据本发明的一个实施例,提供一种控制系统,用于控制幅材卷绕机系统中主要驱动单元和次要驱动单元的操作以当其在幅材卷绕机系统的拆卷机与卷绕机之间平移时提供对连续材料幅材的张力控制。控制系统包含处理器,所述处理器编程成使主要驱动单元在速度模式中操作以设定连续材料幅材的线速度,从检测连续材料幅材中的张力和连续材料幅材的速度的幅材卷绕机系统中的张力和速度检测器接收输入,且使次要驱动单元在修改的转矩调节的闭环张力控制模式中操作,以便控制幅材材料中的张力。在以修改的转

矩调节的闭环张力控制模式操作时,处理器进一步编程成基于来自张力检测器的输入使次要驱动单元根据转矩调节的闭环张力控制模式操作,且经由来自速度检测器的输入将速度反馈回路集成到转矩调节的闭环张力控制模式中,以便将主动阻尼引入到张力控制中。

[0063] 根据本发明的另一实施例,用于控制幅材材料中的张力的幅材处置系统包含:卷绕机和拆卷机,幅材材料在所述卷绕机与所述拆卷机之间传递;和主要驱动单元,包括第一电动机和第一可调式速度驱动器,第一电动机和第一可调式速度驱动器旋转地驱动导向辊以将幅材材料从拆卷机平移到卷绕机。幅材处置系统也包含次要驱动单元,所述次要驱动单元包括第二电动机和第二可调式速度驱动器,第二电动机和第二可调式速度驱动器旋转地驱动卷绕机以将幅材材料卷绕到卷绕机上。幅材处置系统进一步包含:张力和速度检测器,以检测拆卷机与卷绕机之间的幅材材料中的张力和所述幅材材料的速度;和控制装置,以控制主要驱动单元和次要驱动单元的操作,以按所要转速分别旋转地驱动导向辊和卷绕机,其中,在控制主要驱动单元和次要驱动单元的操作以按所要转速分别旋转地驱动导向辊和卷绕机时,控制装置配置成使主要驱动单元在速度模式中操作以设定幅材材料的线速度,经由来自张力检测器的输入,使次要驱动单元在转矩调节的闭环张力控制模式中操作,以便控制幅材材料中的张力,且经由来自速度检测器的输入,将速度反馈回路集成到转矩调节的闭环张力控制模式中,以便将主动阻尼引入到张力控制中。

[0064] 根据本发明的又一实施例,控制在幅材卷绕机系统中的拆卷机与卷绕机之间平移的连续材料幅材中的张力控制的方法包含控制幅材卷绕机系统的主要驱动单元以在速度模式中操作以设定连续材料幅材的线速度,以及控制幅材卷绕机系统的次要驱动单元以在修改的转矩调节的闭环张力控制模式中操作,以便控制幅材材料中的张力,其中,在控制次要驱动单元时,修改的转矩调节的闭环张力控制模式包括转矩电流回路、张力回路和速度反馈回路,以控制幅材材料中的张力。

[0065] 已在优选实施例方面描述本发明,且应认识到,除明确规定的那些以外,等效物、替代方案和修改是可能的且在所附权利要求书的范围内。

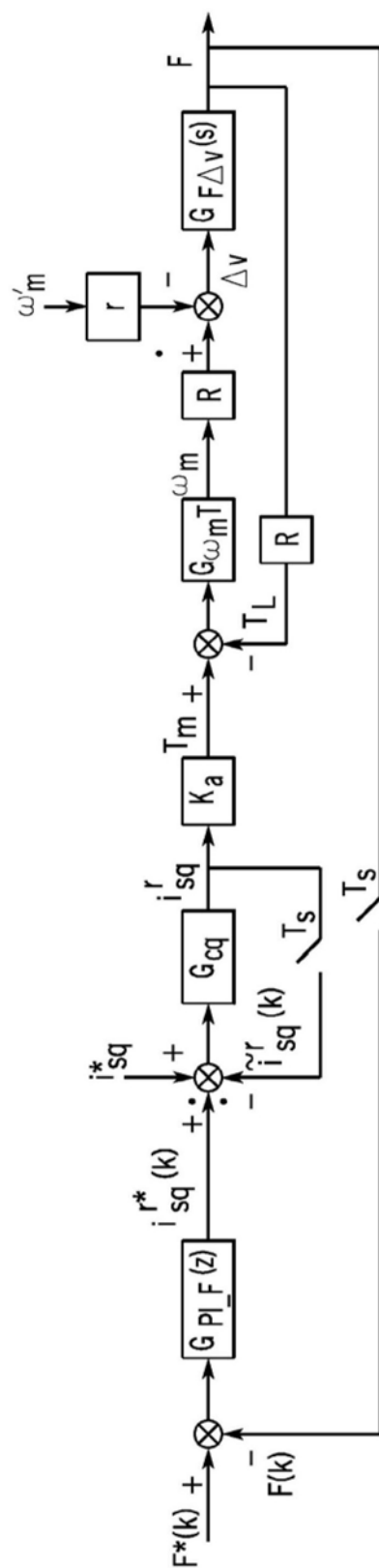


图1A现有技术



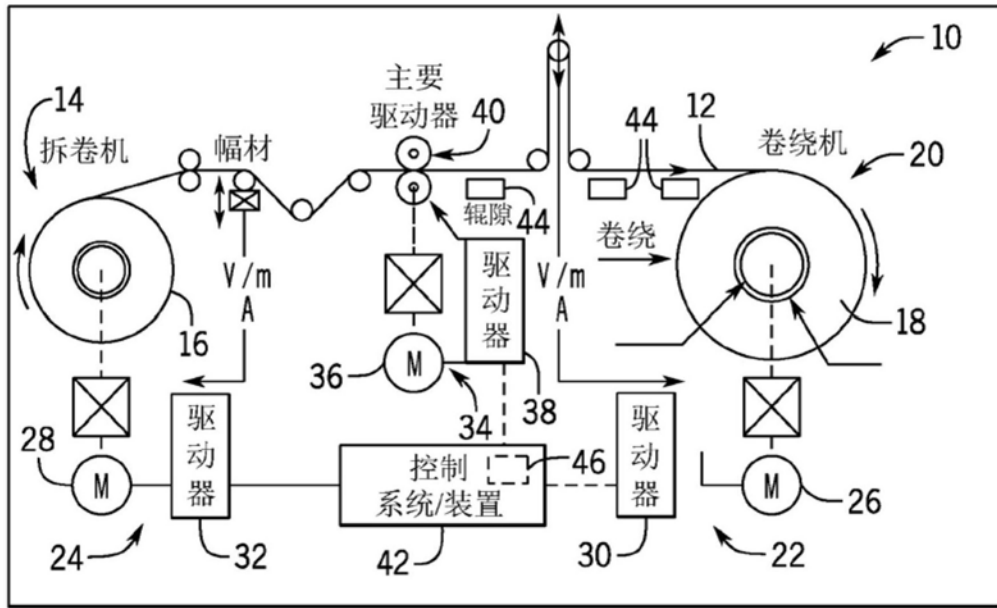


图2

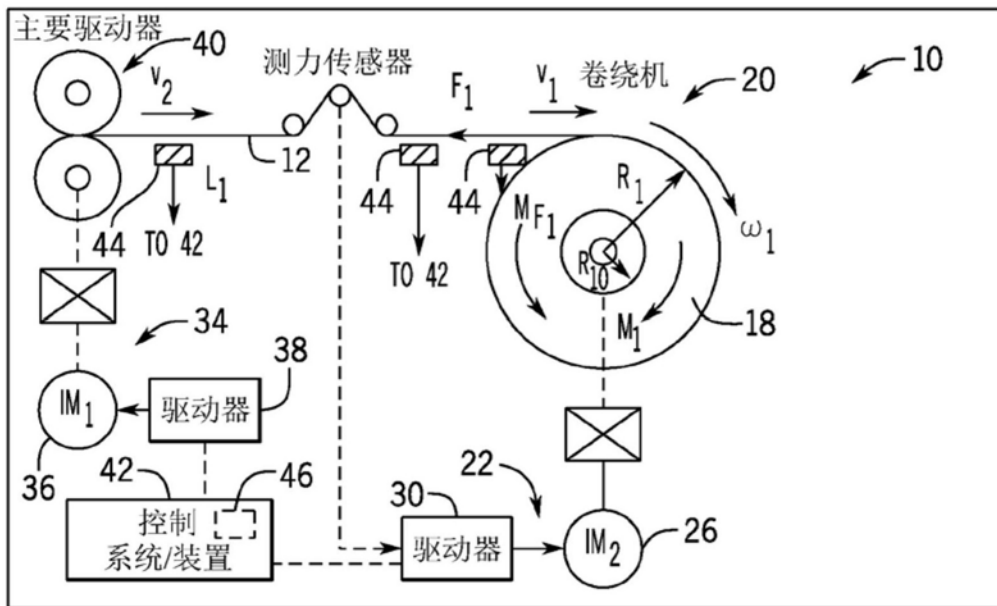


图3

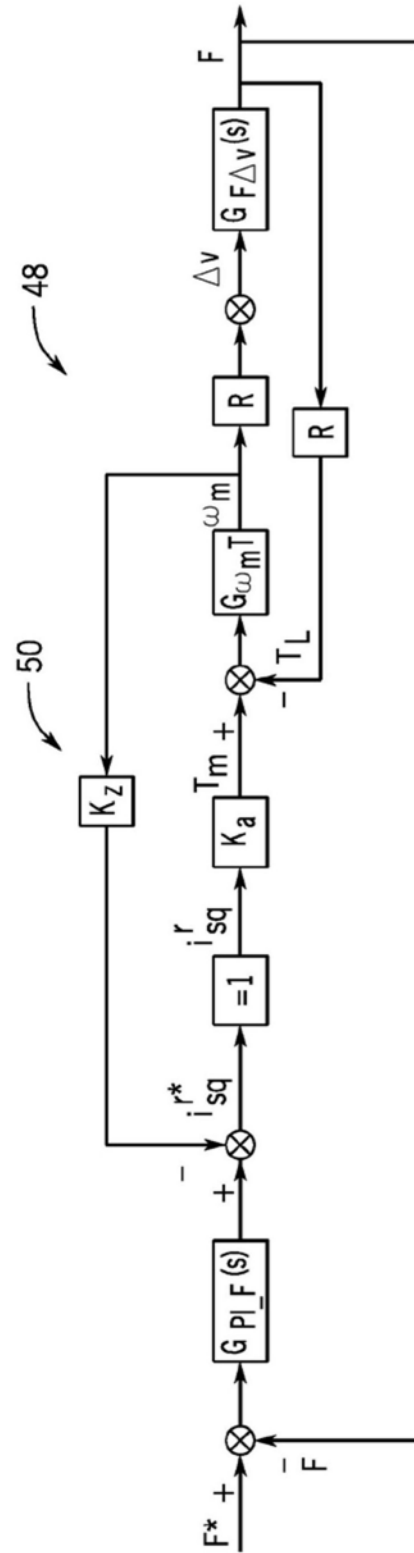


图4



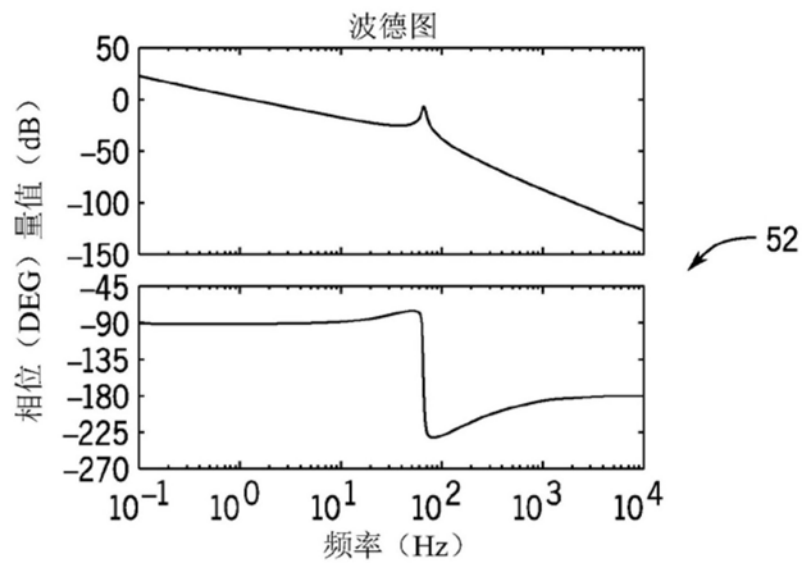


图5A现有技术

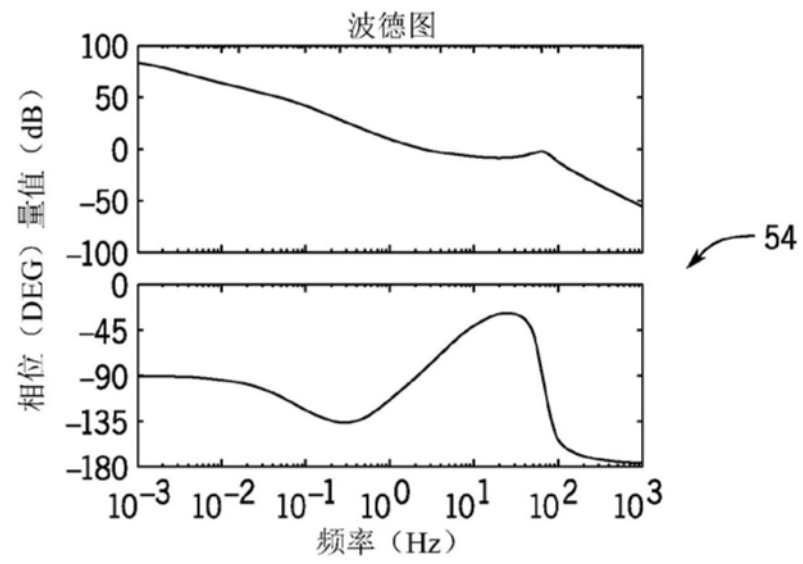


图5B现有技术

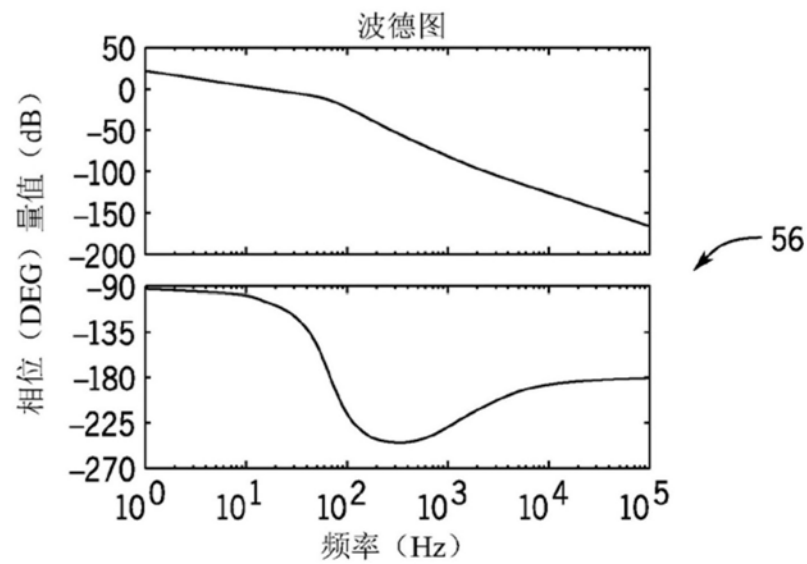


图5C

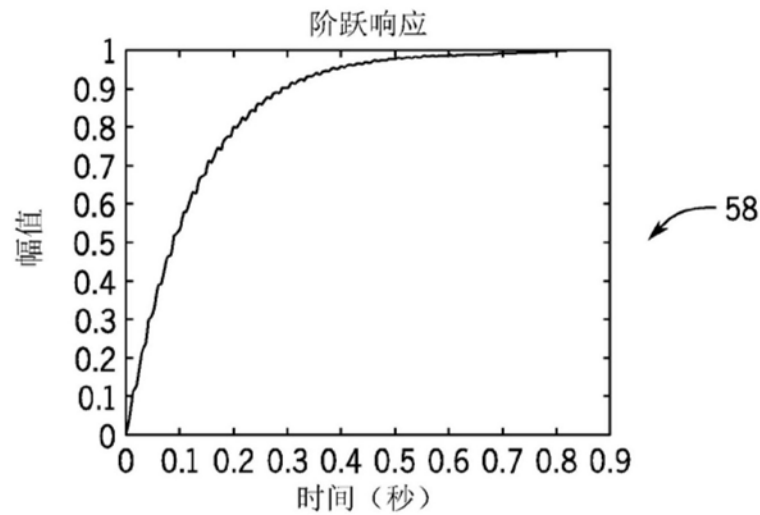


图6A现有技术

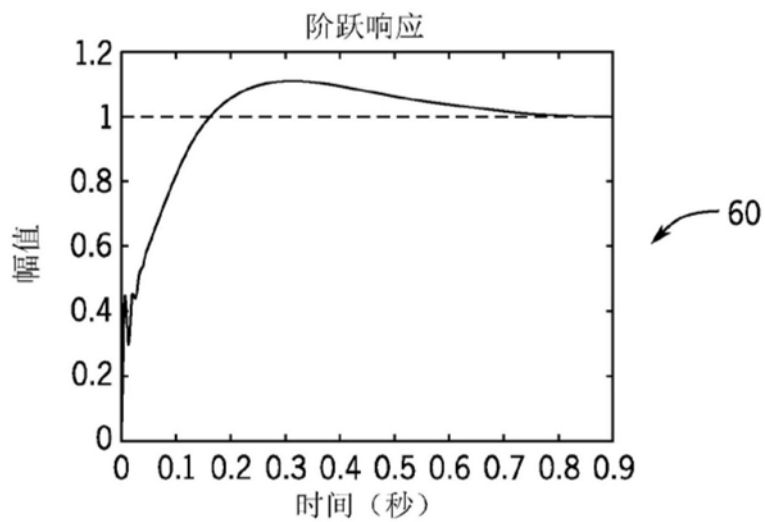


图6B现有技术

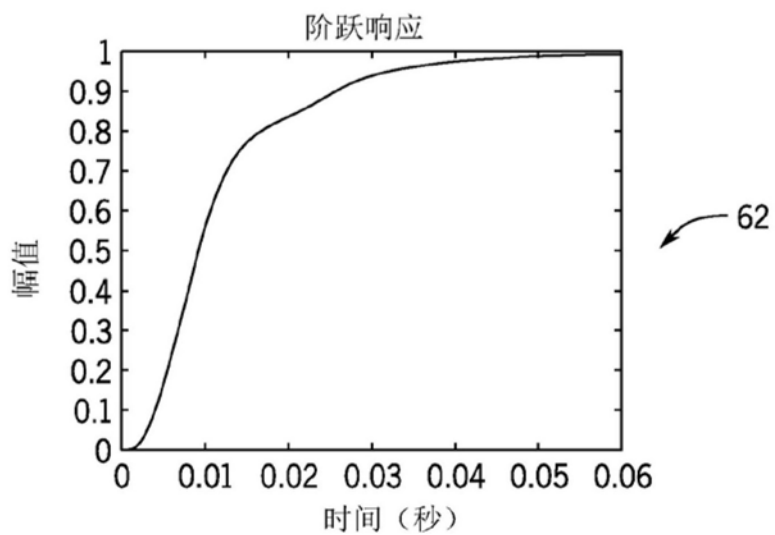


图6C

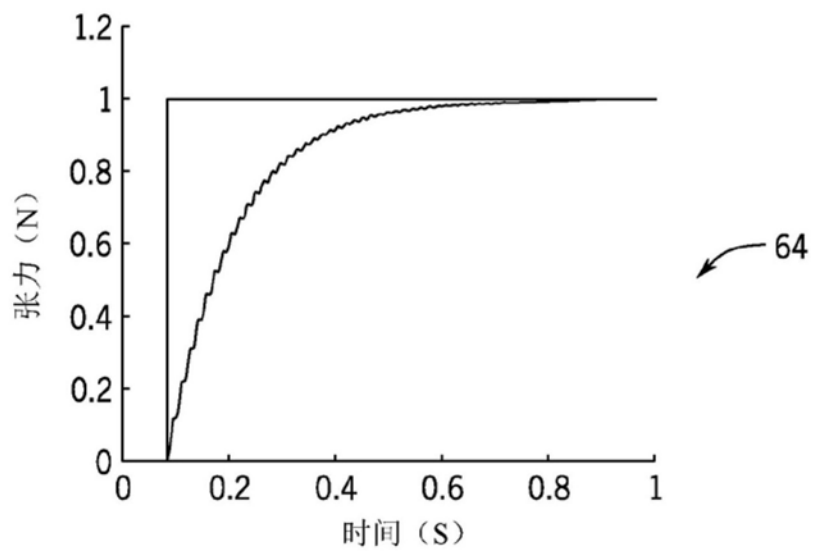


图7A现有技术

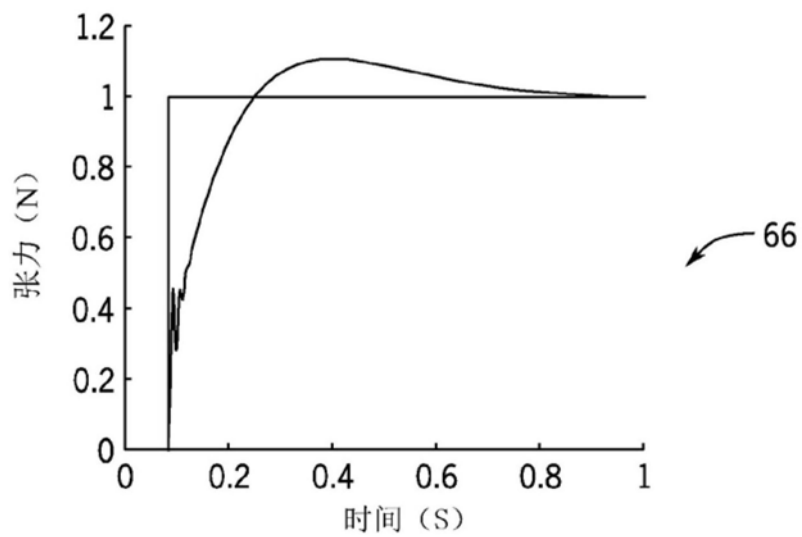


图7B现有技术

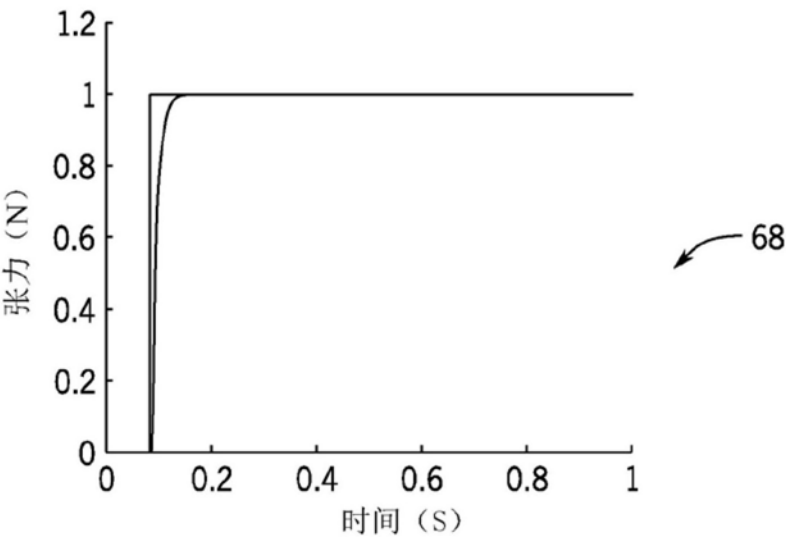


图7C

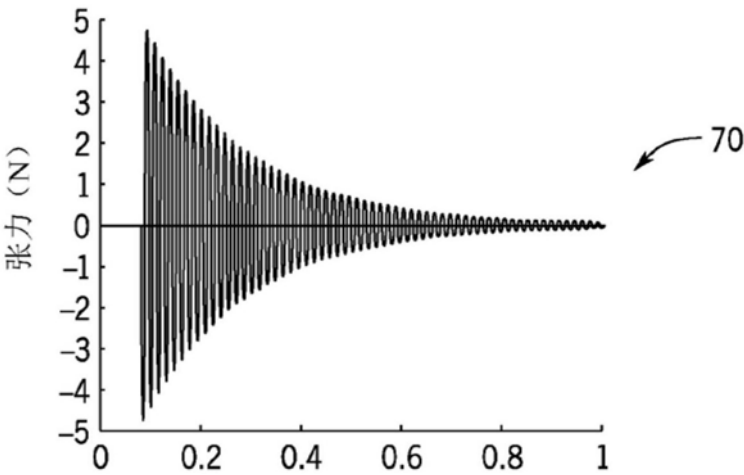


图8A现有技术

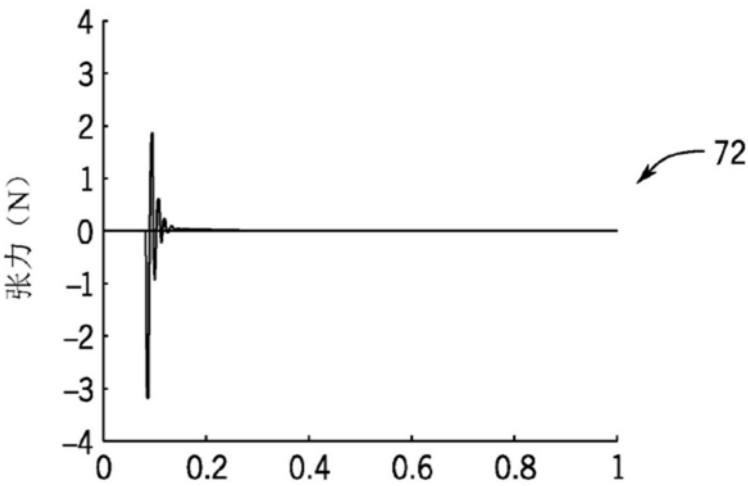


图8B现有技术

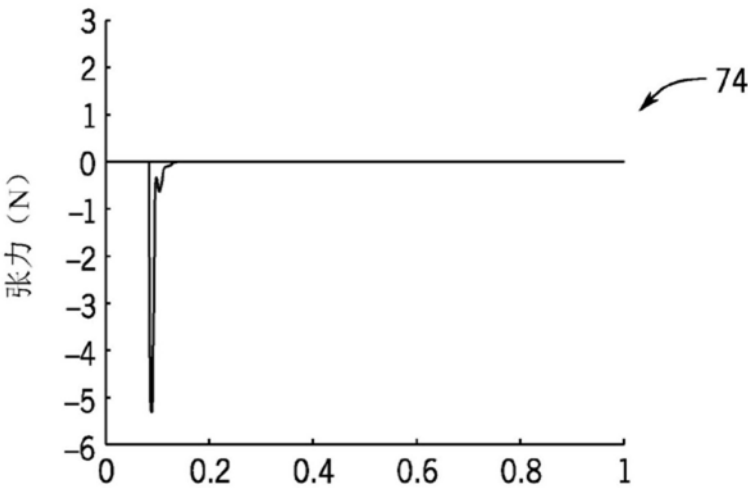


图8C