



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112960477 A

(43) 申请公布日 2021.06.15

(21) 申请号 202110151216.8

B65H 54/44 (2006.01)

(22) 申请日 2021.02.03

B65H 59/10 (2006.01)

(71) 申请人 浙江理工大学

B65H 63/02 (2006.01)

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区2
号大街928号

B65H 63/04 (2006.01)

B65H 63/00 (2006.01)

申请人 杭州墨攻人工智能有限公司

(72) 发明人 张华 夏慧迪 吴杰 朱家骏
张与超(74) 专利代理机构 杭州君度专利代理事务所
(特殊普通合伙) 33240

代理人 黄前泽

(51) Int. Cl.

B65H 57/14 (2006.01)

B65H 57/06 (2006.01)

B65H 54/547 (2006.01)

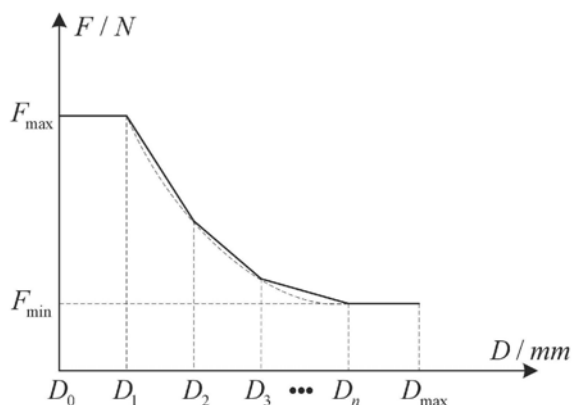
权利要求书3页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种实时检测和动态调节张力的绕线成型
控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种实时检测和动态调节张力的绕线成型控制方法,其步骤如下:一、绕卷启动阶段。超喂轮开始转动,延迟后纱芯开始转动。超喂轮做匀加速运动。根据超喂轮的转速计算纱芯转动的目标转速;驱动纱芯的转速动态追逐目标转速。二、平稳运行阶段。随着纱卷的绕置动态调节纱卷的目标张力;在纱卷的线速度保持恒定的状态下,根据目标张力 F 的变化动态计算更新超喂轮的目标转速,驱动超喂轮的转速动态追逐目标转速。三、机器停止阶段。纱芯作匀减速运动,延迟后超喂轮开始减速。根据纱芯的转速变化计算并更新超喂轮转动的目标转速;驱动超喂轮的转速动态追逐目标转速。本发明通过对纱线张力的精准调节,使筒子纱卷绕均匀、无纱线断头、纱疵少。



1. 一种实时检测和动态调节张力的绕线成型控制方法,其特征在于:步骤一、绕卷启动阶段;超喂轮开始转动,延迟后纱芯开始转动;超喂轮做匀加速运动;根据超喂轮的转速变化计算并更新纱芯转动的目标转速;驱动纱芯的转速动态追逐目标转速;

步骤二、平稳运行阶段;随着纱筒的绕置动态调节纱筒的目标张力 F 如下:

$$F = \begin{cases} F_{\max} & D_0 < D < D_1 \\ F_{\max} \left[1 - k \left(1 - \frac{D_0 + D_b}{D + D_b} \right) \right] & D_1 < D < D_n \\ F_{\min} & D_n < D < D_{\max} \end{cases}$$

其中, $F_{\max}$ 为设定张力的初始值, $F_{\min}$ 为满卷时张力设定值; D_b 为锥度补偿量; D 为纱筒当前直径; D_0 为空筒直径; k 为锥度系数; D_1 为张力调整起始直径; D_n 为张力调整终止直径; $D_{\max}$ 为满筒直径;

在纱筒的线速度保持恒定的状态下,根据目标张力 F 的变化动态计算更新超喂轮的目标转速,驱动超喂轮的转速动态追逐目标转速;

步骤三、机器停止阶段;纱筒作匀减速运动,延迟后超喂轮开始减速;根据纱筒的转速变化计算并更新超喂轮转动的目标转速;驱动超喂轮的转速动态追逐目标转速。

2. 根据权利要求1所述的一种实时检测和动态调节张力的绕线成型控制方法,其特征在于:步骤一中超喂轮的加速时长为10~15s;步骤三中纱芯的减速时长为5~10s;步骤一中,驱动纱芯转动的绕卷电机以自身目标转速和当前转速为输入,通过ADRC算法进行动态控制;步骤二和三中,驱动超喂轮转动的超喂电机以自身目标转速和当前转速为输入,通过ADRC算法进行动态控制。

3. 根据权利要求2所述的一种实时检测和动态调节张力的绕线成型控制方法,其特征在于:ADRC算法动态控制电机的过程具体如下:将目标转速 $V_0(k)$ 输入跟踪微分器;将电机的实际转速 $V_2(k)$ 输入扩张状态观测器;跟踪微分器输出的跟踪速度 $V_1(k)$ 和扩张状态观测器输出的观测速度 $V_3(k)$ 之间的误差,以及跟踪微分器输出的跟踪加速度 $A_1(k)$ 和扩张状态观测器输出的观测加速度 $A_2(k)$ 之间的误差输入到非线性控制算法中,获取电压 U_0 ;在扩张状态观测器输出的观测扰动 $Z_1(k)$ 和系统参数 B 的调节下,获取输入电机的电压 U 。

4. 根据权利要求3所述的一种实时检测和动态调节张力的绕线成型控制方法,其特征在于:跟踪微分器中计算跟踪速度 $V_1(k)$ 和跟踪加速度 $A_1(k)$ 的表达式如下

$$\begin{cases} V_1(k) = V_1(k-1) + hA_1(k-1) \\ A_1(k) = A_1(k-1) + hfst(V_1(k-1) - V_0(k), A_1(k-1), \delta, h) \end{cases}$$

其中, $V_1(k-1)$ 、 $A_1(k-1)$ 分别为前一次迭代的跟踪速度、跟踪加速度; k 为当前迭代次数; h 为采样周期, δ 为调节跟踪速度快慢的参数, $fst(\cdot)$ 函数为最速控制综合函数;

扩张状态观测器中计算观测速度 $V_3(k)$ 、观测加速度 $A_2(k)$ 和观测扰动 $Z_1(k)$ 的表达式如下:

$$\begin{cases} e = V_3(k) - V_2(k) \\ fe = fal(e, 0.5, \gamma) \\ fe_1 = fal(e, 0.25, \gamma) \\ \dot{V}_3(k) = V_3(k) + h(A_2(k) - \beta_{01}e) \\ \dot{A}_2(k) = A_2(k) + h(Z_1(k) - \beta_{02}fe + B*U) \\ \dot{Z}_1(k) = Z_1(k) + h(-\beta_{03}fe_1) \end{cases}$$

其中, e 是系统误差; fe 、 fe_1 为换算中间量; h 为采样周期; γ 是区分误差 e 大小的界限; 函

$$\text{数 } fal(e, \alpha, \gamma) = \begin{cases} \frac{e}{\gamma^{\alpha-1}} & |e| \leq \gamma \\ |e|^\alpha \operatorname{sgn}(e) & |e| > \gamma \end{cases}; \alpha \text{ 是指数; 调参 } \beta_{01}、\beta_{02}、\beta_{03} \text{ 是扩张状态观测器的三}$$

个反馈增益; B 为系统参数。

5. 根据权利要求3所述的一种实时检测和动态调节张力的绕线成型控制方法, 其特征在于: 非线性控制算法输出的电压 U_0 的表达式如下:

$$U_0 = \lambda_1 fal(E_1, \alpha_1, \gamma) + \lambda_2 fal(E_2, \alpha_2, \gamma)$$

其中, E_1 为速度误差, 表达式为 $E_1 = V_1(k) - V_3(k)$; E_2 为加速度误差, 表达式为 $E_2 = A_1(k) - A_2(k)$; λ_1 为跟踪输入信号增益; λ_2 为跟踪微分信号增益; γ 是区分误差 e 大小的界限; α_1 、 α_2 为

$$\text{两个指数, 其取值范围为 } 0 < \alpha_1 < 1 < \alpha_2; \text{ 函数 } fal(e, \alpha, \gamma) = \begin{cases} \frac{e}{\gamma^{\alpha-1}} & |e| \leq \gamma \\ |e|^\alpha \operatorname{sgn}(e) & |e| > \gamma \end{cases};$$

$$\text{输出到电机的 } U = U_0 - \frac{Z_1(k)}{B}; B \text{ 为系统参数。}$$

6. 根据权利要求1所述的一种实时检测和动态调节张力的绕线成型控制方法, 其特征在于: D_1 、 D_n 分别取 D_0 至 $D_{\max}$ 之间的第一个和最后一个 $n+1$ 等分节点; n 为曲线分段节点数量。

7. 根据权利要求1所述的一种实时检测和动态调节张力的绕线成型控制方法, 其特征在于: 采用的纱线卷绕成型装置包括固定导纱机构(1)、超喂机构(2)、张力传感器(3)、绕线杆(4)、卷绕机构(5)、动态导纱机构(6)和机架(13); 所述的卷绕机构(5)安装在机架(13)的顶部, 包括卷绕电机(11)和绕卷轴; 竖直的绕卷轴由卷绕电机(11)驱动; 绕卷轴上套置固定有纱芯(8);

所述的动态导纱机构(6)包括导纱杆、导纱环和升降驱动组件; 竖直设置的导纱杆安装在机架(13)上, 在升降驱动组件的驱动下进行升降运动; 导纱杆固定有导纱环;

所述的固定导纱机构(1)、超喂机构(2)及张力传感器(3)安装在机架(13)的侧面; 超喂机构(2)包括超喂轮、绕线杆(4)和超喂电机(10); 轴线水平且并排设置的超喂轮和绕线杆(4)均支承在机架(13)的外侧; 超喂轮由安装在机架(13)内的超喂电机(10)驱动。

8. 根据权利要求1所述的一种实时检测和动态调节张力的绕线成型控制方法, 其特征在于: 工作过程中, 纱线穿过固定导纱机构(1)后进入超喂机构(2), 缠绕在超喂轮和绕线杆(4)上; 之后, 纱线再穿过张力传感器(3); 从张力传感器(3)穿出的纱线经过动态导纱机构(6)绕置到卷绕机构(5)上的纱芯(8)上。

9. 根据权利要求1所述的一种实时检测和动态调节张力的绕线成型控制方法,其特征在于:所述的纱线卷绕成型装置还包括测径机构(7);所述的测径机构(7)包括角度位移传感器(9)、固定片、翻转片和滚轮;固定片固定在机架(13)的顶部;翻转片与固定片的侧部构成公共轴线竖直的转动副;翻转片上支承有竖直设置的滚轮;滚轮与绕卷轴位置对应;翻转片与固定片之间设置有扭簧;扭簧为翻转片提供向绕卷轴翻转的弹力,使得滚轮抵住纱芯(8);角度位移传感器(9)安装在固定片上,输入轴与翻转片固定。

10. 根据权利要求1所述的一种实时检测和动态调节张力的绕线成型控制方法,其特征在于:所述的升降驱动组件包括同步轮、同步带和导纱电机(12);上下排布的两个同步轮均支承在机架(13)上,通过同步带连接;导纱杆的底端与同步带固定;导纱电机(12)固定在机架(13)上,输出轴与其中一个同步轮固定。

一种实时检测和动态调节张力的绕线成型控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于纺织技术领域,具体涉及一种实时检测和动态调节张力的绕线成型控制方法。

背景技术

[0002] 在纺织业中,改善纱线的卷绕成型质量是提高纺织品质量的一个重要措施,而张力是影响纱线卷绕成型的关键。纱线张力不仅影响筒子纱的卷绕密度和成型情况,还关系到纱线的条干均匀度,直接影响下游工序的生产和织物质量。纱线张力过小会导致纱线牵引力不足,出现落纱、塌边等问题;纱线张力过大则会导致纱线毛羽增多,甚至断纱等问题。由此可见,张力是纱线卷绕过程中的关键因素之一。

[0003] 为了更好地控制卷绕阶段纱线张力,现对其进行动力学分析,确定影响纱线张力控制的因素:

[0004] 纱筒的动态平衡力矩方程如下:

$$[0005] \quad \frac{1}{2}FD - M_e - M_f = \frac{d(J\omega)}{dt} \quad (D_0 \leq D \leq D_{\max})$$

[0006] 其中,F为纱线张力;D为纱筒当前直径; M_e 为卷绕电机转矩; M_f 为绕卷轴上的摩擦力矩;J为轴等效转动惯量; ω 为卷绕角速度; D_0 为空筒直径; $D_{\max}$ 为满筒直径;

[0007] J应由两部分组成,其一是纱芯的转动惯量 J_0 ,是一个常量;其二是纱筒上纱线的转动惯量 J_1 ,是一个随纱筒直径D变化的动态转动惯量;即: $J = J_0 + J_1$ 。

[0008] 设纱芯的密度为 ρ_0 ,纱线的密度为 ρ ,纱芯的高度为 h_0 ,卷绕在纱芯上纱线的高度为h,则 J_0 和 J_1 表示为:

$$[0009] \quad J_0 = \int_0^{\frac{D_0}{2}} r^2 \rho_0 h_0 2\pi r dr = \frac{1}{32} \pi \rho_0 h_0 D_0^4$$

$$[0010] \quad J_1 = \int_{\frac{D_0}{2}}^{\frac{D}{2}} 4\pi \rho h r^3 dr = \frac{1}{32} \pi \rho h (D^4 - D_0^4)$$

[0011] 将上述 J_0 和 J_1 的表达式代入 $\frac{dJ}{dt}$ 可得:

$$[0012] \quad \frac{dJ}{dt} = \frac{d(J_0 + J_1)}{dt} = \frac{dJ_1}{dt} = \frac{1}{8} \pi \rho h D^3 \frac{dD}{dt}$$

[0013] 设卷绕线速度为V,卷绕过程中V保持恒定,D逐渐增大,由 $\omega = \frac{V}{\frac{1}{2}D}$ 可知, ω 是时变

量。故 $\frac{d\omega}{dt}$ 为:

$$[0014] \quad \frac{d\omega}{dt} = \frac{d\left(\frac{V}{0.5D}\right)}{dt} = \frac{0.5DV' - V(0.5D)'}{(0.5D)^2} = \frac{2}{D} \cdot \frac{dV}{dt} - \frac{2V}{D^2} \cdot \frac{dD}{dt}$$

[0015] 将上述 $\frac{dJ}{dt}$ 和 $\frac{d\omega}{dt}$ 的表达式代入 $\frac{d(J\omega)}{dt}$ 可得:

$$[0016] \quad \frac{d(J\omega)}{dt} = J \frac{d\omega}{dt} + \omega \frac{dJ}{dt} = \left[\frac{1}{32} \pi \rho_0 h_0 D_0^4 + \frac{1}{32} \pi \rho h (D^4 - D_0^4) \right] \left(\frac{2}{D} \cdot \frac{dV}{dt} - \frac{2V}{D^2} \cdot \frac{dD}{dt} \right) + \omega \left(\frac{1}{8} \pi \rho h D^3 \frac{dD}{dt} \right)$$

[0017] 式中 $\frac{1}{32} \pi D_0^4 (\rho_0 h_0 - \rho h)$ 为一常量, 设为K:

$$[0018] \quad \frac{d(J\omega)}{dt} = \left(\frac{2K}{D} + \frac{1}{16} \pi \rho h D^4 \right) \frac{dV}{dt} + \left(\frac{1}{8} \pi \rho h D^3 - \frac{2KV}{D^2} - \frac{1}{16} \pi \rho h D^2 V \right) \frac{dD}{dt}$$

$$[0019] \quad \frac{1}{2} FD = \left(\frac{2K}{D} + \frac{1}{16} \pi \rho h D^4 \right) \frac{dV}{dt} + \left(\frac{1}{8} \pi \rho h D^3 - \frac{2KV}{D^2} - \frac{1}{16} \pi \rho h D^2 V \right) \frac{dD}{dt} + M_e + M_f$$

[0020] 由上式可知, 纱线张力F与纱筒直径D、卷绕线速度V、卷绕电机转矩 M_e ; 绕卷轴上的摩擦力矩 M_f 有关。在纱线卷绕过程中, 机器从启动到停止, 卷绕线速度V会经历从零到工作转速再回零的巨大变化, 纱筒直径D从空筒到满筒的变化也会达到几倍甚至几十倍。故综上所述, 为保证纱线卷绕过程中纱线张力趋于最佳值, 需要设计一种实时检测和动态调节纱线张力的绕线成型控制方法。

发明内容

[0021] 本发明的目的在于提供一种实时检测和动态调节纱线张力的绕线成型控制方法, 该方法能够根据所检测的纱线张力, 控制超喂轮和纱筒的转速差值, 从而动态调节纱线张力, 保持其趋于最佳值。

[0022] 本发明的具体步骤如下:

[0023] 步骤一、绕卷启动阶段。超喂轮开始转动, 延迟0.1~0.5s后纱筒开始转动。超喂轮做匀加速运动。根据超喂轮的转速变化计算并更新纱筒转动的目标转速; 驱动纱筒的转速动态追逐目标转速。

[0024] 步骤二、稳定运行阶段。随着纱筒卷绕成型动态调节纱线的目标张力F如下:

$$[0025] \quad F = \begin{cases} F_{\max} & D_0 < D < D_1 \\ F_{\max} \left[1 - k \left(1 - \frac{D_0 + D_b}{D + D_b} \right) \right] & D_1 < D < D_n \\ F_{\min} & D_n < D < D_{\max} \end{cases}$$

[0026] 其中, $F_{\max}$ 为设定张力的初始值, $F_{\min}$ 为满筒时张力设定值; D_b 为锥度补偿量; D为纱筒当前直径; D_0 为空筒直径; k为锥度系数; D_1 为张力调整起始直径; D_n 为张力调整终止直径; $D_{\max}$ 为满筒直径;

[0027] 在纱筒的线速度保持恒定的状态下, 根据目标张力F的变化动态计算更新超喂轮的目标转速, 驱动超喂轮的转速动态追逐目标转速。

[0028] 步骤三、机器停止阶段。纱筒作匀减速运动, 延迟0.1~0.5s后超喂轮开始减速。根

据纱筒的转速变化计算并更新超喂轮转动的目标转速；驱动超喂轮的转速动态追逐目标转速。

[0029] 作为优选，步骤一中超喂轮的加速时长为10~15s；步骤三中纱筒的减速时长为5~10s；步骤一中，驱动纱筒转动的卷绕电机以自身目标转速和当前转速为输入，通过ADRC算法进行动态控制。步骤二和三中，驱动超喂轮转动的超喂电机以自身目标转速和当前转速为输入，通过ADRC算法进行动态控制。

[0030] 作为优选，ADRC算法动态控制电机的过程具体如下：将目标转速 $V_0(k)$ 输入跟踪微分器；将电机的实际转速 $V_2(k)$ 输入扩张状态观测器；将跟踪微分器输出的跟踪速度 $V_1(k)$ 和扩张状态观测器输出的观测速度 $V_3(k)$ 之间的误差，以及跟踪微分器输出的跟踪加速度 $A_1(k)$ 和扩张状态观测器输出的观测加速度 $A_2(k)$ 之间的误差输入到非线性控制算法中，获取电压 U_0 ；在扩张状态观测器输出的观测扰动 $Z_1(k)$ 和系统参数 B 的调节下，获取输入电机的电压 U 。

[0031] 作为优选，跟踪微分器中计算跟踪速度 $V_1(k)$ 和跟踪加速度 $A_1(k)$ 的表达式如下

$$[0032] \quad \begin{cases} V_1(k) = V_1(k-1) + hA_1(k-1) \\ A_1(k) = A_1(k-1) + hfst(V_1(k-1) - V_0(k), A_1(k-1), \delta, h) \end{cases}$$

[0033] 其中， $V_1(k-1)$ 、 $A_1(k-1)$ 分别为前一次迭代的跟踪速度、跟踪加速度； k 为当前迭代次数； h 为采样周期， δ 为调节跟踪速度快慢的参数， $fst(\cdot)$ 函数为最速控制综合函数。

[0034] 作为优选，扩张状态观测器中计算观测速度 $V_3(k)$ 、观测加速度 $A_2(k)$ 和观测扰动 $Z_1(k)$ 的表达式如下：

$$[0035] \quad \begin{cases} e = V_3(k) - V_2(k) \\ fe = fal(e, 0.5, \gamma) \\ fe_1 = fal(e, 0.25, \gamma) \\ \dot{V}_3(k) = V_3(k) + h(A_2(k) - \beta_{01}e) \\ \dot{A}_2(k) = A_2(k) + h(Z_1(k) - \beta_{02}fe + B*U) \\ \dot{Z}_1(k) = Z_1(k) + h(-\beta_{03}fe_1) \end{cases}$$

[0036] 其中， e 是系统误差； fe 、 fe_1 为换算中间量； h 为采样周期； γ 是区分误差 e 大小的界限；函数 $fal(e, \alpha, \gamma) = \begin{cases} \frac{e}{\gamma^{\alpha-1}} & |e| \leq \gamma \\ |e|^\alpha \operatorname{sgn}(e) & |e| > \gamma \end{cases}$ ； α 是指数；调参 β_{01} 、 β_{02} 、 β_{03} 是扩张状态观测

器的三个反馈增益； B 为系统参数。

[0037] 作为优选，非线性控制算法输出的电压 U_0 的表达式如下：

$$[0038] \quad U_0 = \lambda_1 fal(E_1, \alpha_1, \gamma) + \lambda_2 fal(E_2, \alpha_2, \gamma)$$

[0039] 其中， E_1 为速度误差，表达式为 $E_1 = V_1(k) - V_3(k)$ ； E_2 为加速度误差，表达式为 $E_2 = A_1(k) - A_2(k)$ ； λ_1 为跟踪输入信号增益； λ_2 为跟踪微分信号增益； γ 是区分误差 e 大小的界限；

$$\alpha_1, \alpha_2 \text{ 为两个指数, 其取值范围为 } 0 < \alpha_1 < 1 < \alpha_2. \text{ 函数 } fal(e, \alpha, \gamma) = \begin{cases} \frac{e}{\gamma^{\alpha-1}} & |e| \leq \gamma \\ |e|^\alpha \operatorname{sgn}(e) & |e| > \gamma \end{cases}.$$

[0040] 输出到电机的 $U = U_0 - \frac{Z_1(k)}{B}$;B为系统参数。

[0041] 作为优选, D_1 、 D_n 分别取 D_0 至 $D_{\max}$ 之间的第一个和最后一个n+1等分节点。n为曲线分段节点数量。

[0042] 该实时检测和动态调节纱线张力的绕线成型控制方法,采用的纱线卷绕成型装置包括固定导纱机构、超喂机构、张力传感器、绕线杆、卷绕机构、动态导纱机构和机架。所述的卷绕机构安装在机架的顶部,包括卷绕电机和绕卷轴。竖直的绕卷轴由卷绕电机驱动。绕卷轴上套置固定有纱芯。

[0043] 所述的动态导纱机构包括导纱杆、导纱环和升降驱动组件。竖直设置的导纱杆安装在机架上,在升降驱动组件的驱动下进行升降运动;导纱杆固定有导纱环。

[0044] 所述的固定导纱机构、超喂机构及张力传感器安装在机架的侧面。超喂机构包括超喂轮、绕线杆和超喂电机。轴线水平且并排设置的超喂轮和绕线杆均支承在机架的外侧。超喂轮由安装在机架内的超喂电机驱动。

[0045] 作为优选,工作过程中,纱线穿过固定导纱机构后进入超喂机构,缠绕在超喂轮和绕线杆上。之后,纱线再穿过张力传感器;从张力传感器穿出的纱线经过动态导纱机构绕置到卷绕机构上的纱芯上。

[0046] 作为优选,所述的纱线卷绕成型装置还包括测径机构;所述的测径机构包括角度位移传感器、固定片、翻转片和滚轮。固定片固定在机架的顶部;翻转片与固定片的侧部构成公共轴线竖直的转动副。翻转片上支承有竖直设置的滚轮。滚轮与绕卷轴位置对应。翻转片与固定片之间设置有扭簧。扭簧为翻转片提供向绕卷轴翻转的弹力,使得滚轮抵住纱筒。角度位移传感器安装在固定片上,输入轴与翻转片固定。

[0047] 作为优选,所述的升降驱动组件包括同步轮、同步带和导纱电机。上下排布的两个同步轮均支承在机架上,通过同步带连接。导纱杆的底端与同步带固定。导纱电机固定在机架上,输出轴与其中一个同步轮固定。

[0048] 作为优选,角度位移传感器采用绝对型编码器。

[0049] 本发明具有的有益效果是:

[0050] 1、本发明通过对纱线张力的精准调节,使纱筒卷绕均匀、无纱线断头、纱疵少。

[0051] 2、本发明优化了启动阶段与停止阶段的控制方法。启动时超喂轮作匀加速,绕卷轴进行追逐加速;停止时绕卷轴匀减速,超喂轮进行追逐减速;上述两个阶段是张力波动最大的阶段,通过对这两个阶段控制方法的优化,能有效减少纱线张力的波动,提高纱线卷绕工作的稳定性和筒子纱的质量。

[0052] 3、本发明通过ADRC算法对传统PID算法进行补偿,既能有效避免传统PID算法控制张力时容易出现的超调问题,又能有效抑制外界环境干扰以及电机发热等问题对电机转速的影响。

[0053] 4、本发明的卷绕、导纱、张力控制等环节分别采用独立的电机控制,从而让卷绕过程的每一个环节实现实时控制,最终实现纱线高速、高质量卷绕的目的。

附图说明

[0054] 图1是本发明所述纱线卷绕成型装置的立体示意图;

- [0055] 图2是本发明所述控制方法的绕卷启动阶段流程图；
- [0056] 图3是本发明所述控制方法的稳定运行阶段流程图；
- [0057] 图4是本发明所述控制方法的停止阶段流程图；
- [0058] 图5是本发明所述控制方法在稳定运行阶段纱线目标张力 F 随纱筒实时直径 D 的变化曲线图；
- [0059] 图6是本发明所述ADRC算法的控制框图。

具体实施方式

[0060] 以下结合附图对本发明作进一步说明。

[0061] 如图1所示,一种实时检测和动态调节纱线张力的绕线成型控制方法,其采用一种纱线卷绕成型装置,该装置包括电路控制板(未图示)、固定导纱机构1、超喂机构2、张力传感器3、绕线杆4、卷绕机构5、动态导纱机构6、测径机构7、纱芯8和机架13。

[0062] 机架13为一箱体,其侧面与顶部设置有通孔和螺纹孔,用于安装其他机构。卷绕机构5安装在机架13的顶部,包括卷绕电机11和绕卷轴。卷绕电机11固定在机架13内,且输出轴朝上设置,并与竖直的绕卷轴固定。绕卷轴上套置固定有纱芯8。

[0063] 测径机构7包括角度位移传感器9、固定片、翻转片和滚轮。固定片固定在机架13的顶部;翻转片与固定片的侧部构成公共轴线竖直的转动副。翻转片上支承有竖直设置的滚轮。滚轮与绕卷轴位置对应。翻转片与固定片之间设置有扭簧。扭簧为翻转片提供向绕卷轴翻转的弹力,使得滚轮抵住纱芯8。角度位移传感器9安装在固定片上,输入轴与翻转片固定;角度位移传感器9采用绝对型编码器。当纱芯8上缠上纱线,直径增大时,将推动翻转片转动;根据角度位移传感器9检测检测到的翻转片转动角度,即可换算出纱筒的直径。

[0064] 动态导纱机构6包括导纱杆、导纱环和升降驱动组件。竖直设置的导纱杆安装在机架13上,在升降驱动组件的驱动下进行升降运动;导纱杆固定有导纱环。在纱线卷绕的过程中,导纱杆在纵向上做往复运动,从而引导纱线均匀地卷绕在纱筒上。升降驱动组件包括同步轮、同步带和导纱电机12。上下排布的两个同步轮均支承在机架13上,通过同步带连接。导纱电机12固定在机架13上,输出轴与其中一个同步轮固定。

[0065] 固定导纱机构1、超喂机构2及张力传感器3安装在机架13的侧面。超喂机构2包括超喂轮、绕线杆4和超喂电机10。轴线水平且并排设置的超喂轮和绕线杆4均支承在机架13的外侧。超喂轮由安装在机架13内的超喂电机10驱动。

[0066] 工作过程中,纱线穿过固定导纱机构1后进入超喂机构2,缠绕在超喂轮和绕线杆4上。之后,纱线再穿过张力传感器3;从张力传感器3穿出的纱线经过动态导纱机构6绕置到卷绕机构5上的纱芯8上。所述固定导纱机构1用于稳定纱线,降低纱线的晃动幅度。超喂机构2用于输送纱线以及调节纱线张力。张力传感器3用于实时检测纱线张力,并将所读取的张力信号传送给MCU控制器。

[0067] 如图2、3和4所示,该实时检测和动态调节张力的绕线成型控制方法,具体步骤如下:

[0068] 步骤一、绕卷启动阶段,如图2所示;

[0069] 1-1.MCU控制器接收启动信号后,输出相应指令至驱动电路板,驱动电路板依次启动导纱电机12、超喂电机10以及卷绕电机11。

[0070] 1-2.所述导纱电机12启动后正反交替转动,带动导纱杆做纵向匀速往复运动;

[0071] 1-3.所述超喂电机10做匀加速转动,直至卷绕电机11转速到达工作转速,为防止纱线的张力波动过大,超喂轮边缘处的加速度的取值范围为 $2\sim 8\text{m/s}^2$;超喂电机加速时长取 $10\sim 15\text{s}$ 。

[0072] 1-4.所述卷绕电机11稍延后于超喂电机10启动,延后的时间一般取 $0.1\sim 0.5\text{s}$ 。在超喂轮加速的过程中,绕置在纱芯8上的纱筒的线速度保持动态追逐超喂轮线速度的状态,以保持纱线的张力稳定在设定值附近。

[0073] 卷绕电机11和超喂电机10转动的过程中,根据超喂轮的线速度计算卷绕电机11的目标转速 V_0 ,根据这一目标转速 V_0 和卷绕电机11的当前转速 V_2 ,采用ADRC算法动态调节卷绕电机11的输入信号。

[0074] 这种情况下,使卷绕电机11的转速能快速接近目标转速(由超喂电机10转速所确定)并与之保持一致的增长趋势,直至卷绕电机11转速到达设定的工作转速。从而使得系统在启动的过程中纱线受到的张力保持稳定,减少断纱的情况出现。

[0075] 步骤二、稳定运行阶段,如图3和5所示;

[0076] 在机器稳定运行阶段采用锥度张力的方式控制纱线卷绕,即纱线控制的目标张力 F 随着纱筒的实时直径 D 的改变而改变, F 与 D 之间的关系式如下:

$$[0077] \quad F = \begin{cases} F_{\max} & D_0 < D < D_1 \\ F_{\max} \left[1 - k \left(1 - \frac{D_0 + D_b}{D + D_b} \right) \right] & D_1 < D < D_n \\ F_{\min} & D_n < D < D_{\max} \end{cases} \quad \text{式}$$

[0078] 式中, $F_{\max}$ 为设定张力的初始值, $F_{\min}$ 为满筒时张力设定值; D_b 为锥度补偿量, D_0 为空筒直径, k 为锥度系数。纱线目标张力 F 随纱筒实时直径 D 的变化曲线如图5所示。 $D_1, D_2, \dots, D_n$ 为 D_0 至 $D_{\max}$ 之间的 n 个 $n+1$ 等分节点。 n 为曲线分段节点数量。

[0079] 稳定运行阶段的具体控制步骤如下:

[0080] 2-1.所述测径机构7上有一滚筒,滚筒紧贴着纱筒表面,所述测径机构7上还有一合页结构,该合页结构的夹角随着纱筒直径的变化而变化。采用所述角度位移传感器9实时检测合页结构的夹角,由合页结构的夹角可以得到纱筒的实时直径 D ,再由 D 可以根据上式得到纱线的实时目标张力 F 。

[0081] 2-2.所述张力传感器3实时检测纱线张力,将所检测张力的电压信号进行模数转换获得一数值,将该值作为实际张力值 F_m 。

[0082] 2-3.根据纱筒的实时直径 D 改变卷绕电机11的(角)转速,保持纱线卷绕的线速度恒定。在纱线卷绕线速度恒定的情况下,纱线张力可以与超喂电机10的转速对应。由于纱线张力值随着卷绕的进程需要按照式逐渐减小,故需要动态调节超喂电机10的转速。

[0083] 具体来说,由目标张力 F 得到超喂电机10当前的目标转速 V_0 ,由实际张力值 F_m 得到超喂电机10当前的实际转速 V_2 。根据对应目标转速 V_0 和对应实际转速 V_2 ,采用ADRC算法动态调节超喂电机10的输入信号。

[0084] 步骤三、机器停止阶段,如图4所示;

[0085] 3-1.所述MCU控制器接收停止信号后,输出相应指令至驱动电路板,驱动电路板依

次控制卷绕电机11、超喂电机10以及导纱电机12减速停止；

[0086] 3-2.所述卷绕电机11做匀减速运动，直至卷绕电机11转速归零；卷绕电机11的减速时长取5~10s。

[0087] 3-3.所述超喂电机10稍延后于卷绕电机11开始减速，延后时间一般取0.1~0.5s。在卷绕电机11减速的过程中，超喂轮线速度保持动态追逐纱筒线速度的状态，以保持纱线的张力稳定在设定值附近。

[0088] 卷绕电机11和超喂电机10在减速的过程中，根据纱筒线速度计算超喂电机的目标转速 V_0 ，根据这一目标转速 V_0 和超喂电机10的当前转速 V_2 ，采用ADRC算法动态调节超喂电机10的输入信号。

[0089] 这种情况下，使超喂电机10的转速能快速接近目标转速（由卷绕电机11转速所确定）并与之保持一致的减速趋势，直至卷绕电机11的转速归零。从而使得系统在停止的过程中纱线受到的张力保持稳定，减少断纱的情况出现。

[0090] 3-4.所述导纱电机12制动停止。

[0091] 本发明根据纱线卷绕过程不同阶段张力的变化特点，提出了三种控制方法能有效保证纱线卷绕过程中张力趋于最佳值，能有效提高纱线质量和生产效率。

[0092] 如图6所示，ADRC算法动态调节的过程具体如下：将目标转速 $V_0(k)$ 输入跟踪微分器；将电机的实际转速 $V_2(k)$ 输入扩张状态观测器；跟踪微分器输出的跟踪速度 $V_1(k)$ 和扩张状态观测器输出的观测速度 $V_3(k)$ 之间的误差，以及跟踪微分器输出的跟踪加速度 $A_1(k)$ 和扩张状态观测器输出的观测加速度 $A_2(k)$ 之间的误差输入到非线性控制算法中，获取电压 U_0 ；在扩张状态观测器输出的观测扰动 $Z_1(k)$ 和系统参数B的调节下，获取输入电机的电压 U 。

[0093] 跟踪微分器(TD)：将第kh时刻的目标转速 $V_0(k)$ 输入到跟踪微分器。经过计算，跟踪微分器输出第kh时刻的跟踪速度 $V_1(k)$ 和跟踪加速度 $A_1(k)$ ，计算公式如下：

$$[0094] \quad \begin{cases} V_1(k) = V_1(k-1) + hA_1(k-1) \\ A_1(k) = A_1(k-1) + hfst(V_1(k-1) - V_0(k), A_1(k-1), \delta, h) \end{cases}$$

[0095] k 为当前迭代次数，取值为整数，且 $k \in [1, +\infty]$ ， $V_1(0) = 0$ ， $A_1(0) = 0$

[0096] 式中， h 为采样周期， δ 为调节跟踪速度快慢的参数， $fst(\cdot)$ 函数为最速控制综合函数，描述如下：

$$[0097] \quad fst(x_1, x_2, \delta, h) = \begin{cases} -\delta \operatorname{sgn}(a) & |a| > d \\ -\delta \frac{a}{d} & |a| \leq d \end{cases}$$

$$[0098] \quad a = \begin{cases} x_2 + \frac{a_0 - d}{2} \operatorname{sgn}(y) & |y| > d_0 \\ x_2 + \frac{y}{h} & |y| \leq d_0 \end{cases}$$

[0099] 式中， $\operatorname{sgn}(\cdot)$ 为符号函数； x_1 、 x_2 分别为最速控制综合函数的其中两个自变量参数； a 和 y 分别为最速控制综合函数的其中两个中间变量； $d = \delta h$ ， $d_0 = hd$ ， $y = x_1 + hx_2$ ， $a_0 = \sqrt{d^2 + 8\delta|y|}$ 。

[0100] 跟踪微分器涉及两个调参 h 和 δ ； h 为采样周期； δ 决定跟踪快慢； δ 越大，则过滤后的

输出越接近输入。

[0101] 扩张状态观测器 (ESO) : 将BU和电机在kh时刻的实际转速 $V_2(k)$ 输入到扩张状态观测器, 其中B为系统参数 (电机转速与电压之间的关系参数, 即 $V=B*U$), U为输出给电机的电压。经过运算, 扩张状态观测器输出观测速度 $V_3(k)$ 、观测加速度 $A_2(k)$ 和观测扰动 $Z_1(k)$ 。观测扰动 $Z_1(k)$ 是系统内部和外部的总扰动, 将其除以B后, 再减去非线性控制算法输出的电压 U_0 , 即得到给电机的电压U。扩张状态观测器的公式如下:

$$[0102] \quad \begin{cases} e = V_3(k) - V_2(k) \\ fe = fal(e, 0.5, \gamma) \\ fe_1 = fal(e, 0.25, \gamma) \\ \dot{V}_3(k) = V_3(k) + h(A_2(k) - \beta_{01}e) \\ \dot{A}_2(k) = A_2(k) + h(Z_1(k) - \beta_{02}fe + B*U) \\ \dot{Z}_1(k) = Z_1(k) + h(-\beta_{03}fe_1) \end{cases}$$

$$[0103] \quad fal(e, \alpha, \gamma) = \begin{cases} \frac{e}{\gamma^{\alpha-1}} & |e| \leq \gamma \\ |e|^\alpha \operatorname{sgn}(e) & |e| > \gamma \end{cases}$$

$$[0104] \quad U = U_0 - \frac{Z_1(k)}{B}$$

[0105] 其中,e是系统误差, α 是指数, γ 是区分误差e大小的界限,调参 β_{01} 、 β_{02} 、 β_{03} 是扩张状态观测器的反馈增益,由被控对象的采样时间和阶数决定。

[0106] 非线性控制算法 (NLSEF) : 区别于传统PID控制方法, 这里采用一种PD形式的非线性组合来进行控制。其中输入为速度误差 E_1 和加速度误差 E_2 , 输出为 U_0 。非线性控制算法的公式如下:

$$[0107] \quad E_1 = V_1(k) - V_3(k), E_2 = A_1(k) - A_2(k)$$

$$[0108] \quad U_0 = \lambda_1 fal(E_1, \alpha_1, \gamma) + \lambda_2 fal(E_2, \alpha_2, \gamma)$$

[0109] 式中, 调参有指数 α_1 和 α_2 ($0 < \alpha_1 < 1 < \alpha_2$)、跟踪输入信号增益 λ_1 、跟踪微分信号增益 λ_2 、 γ 。

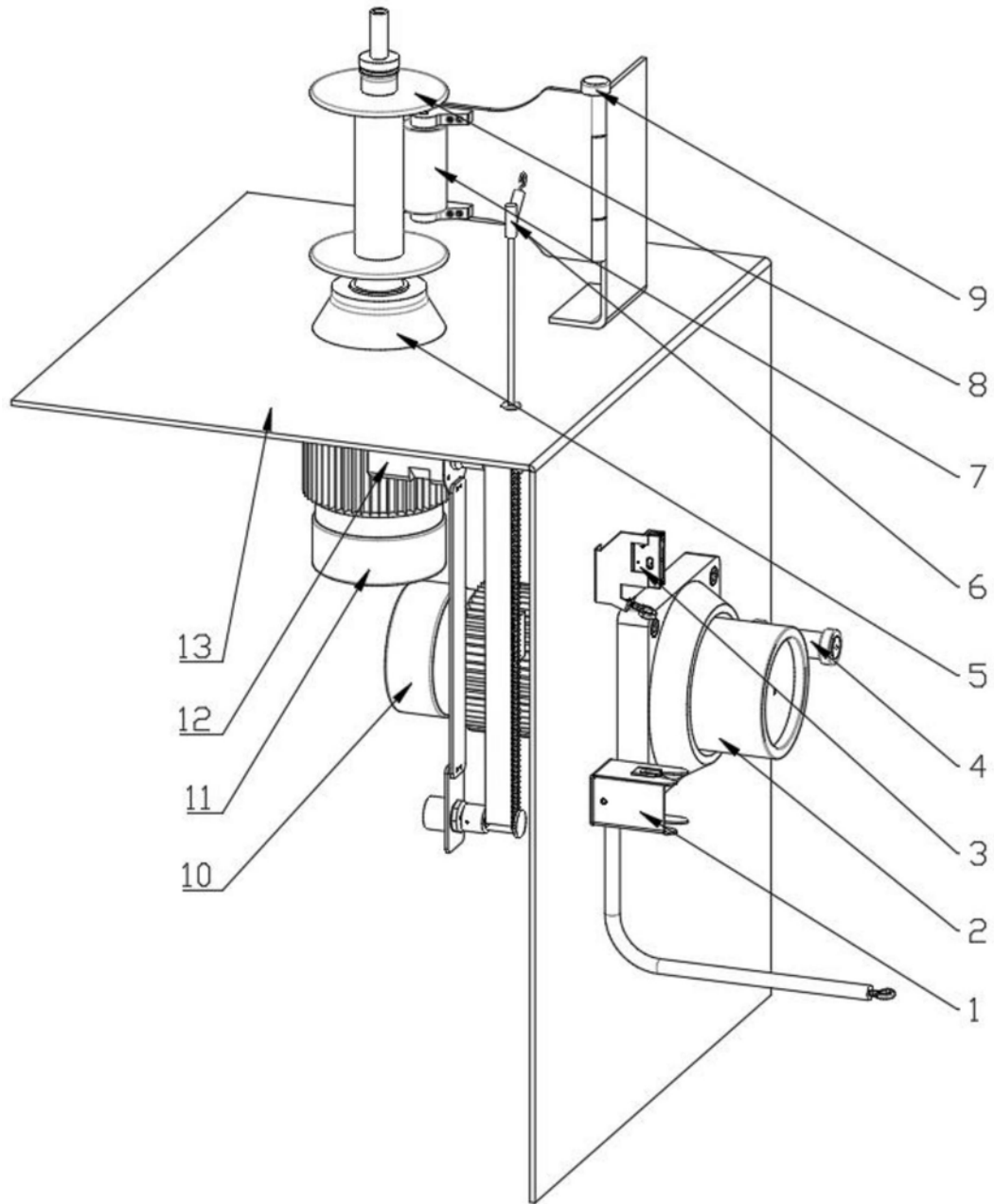


图1

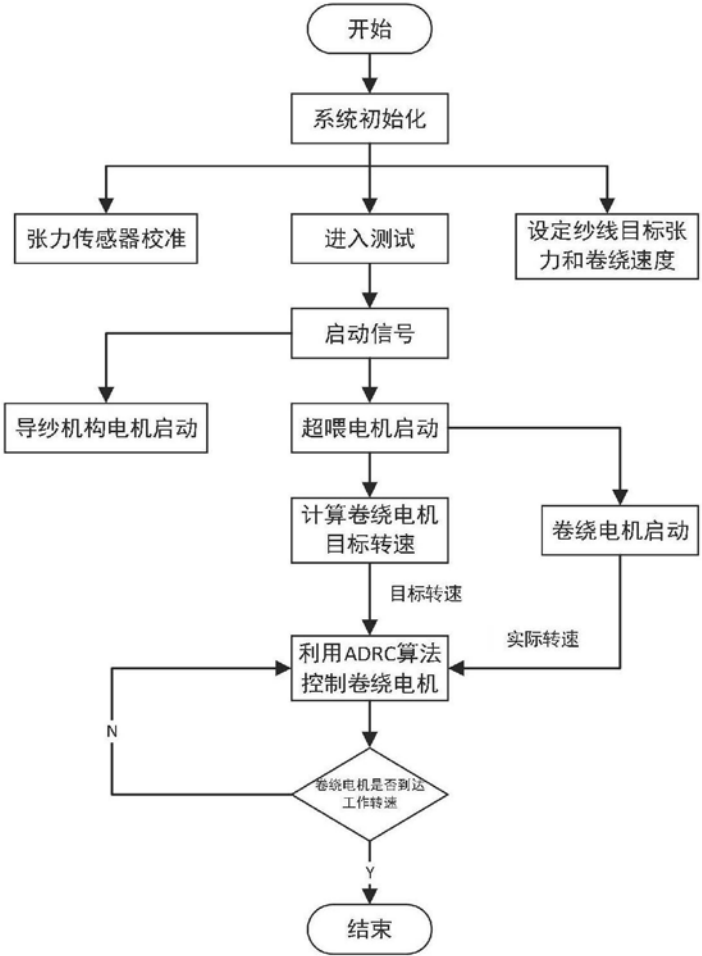


图2

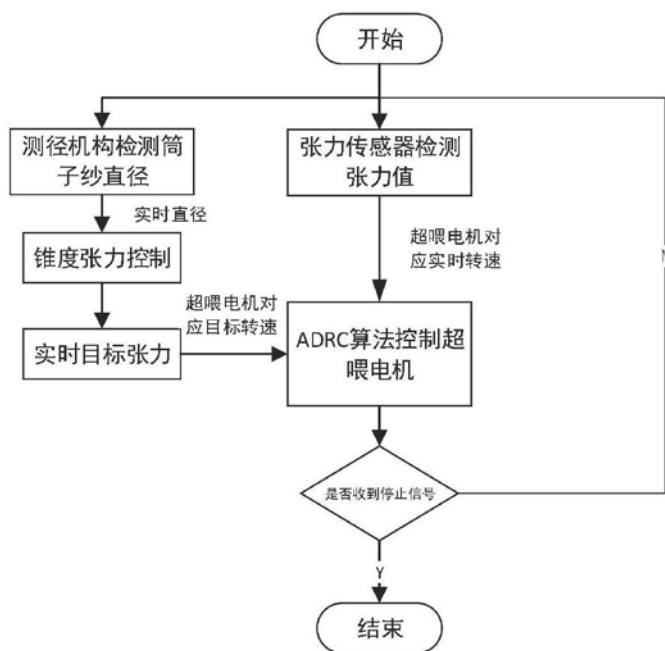


图3

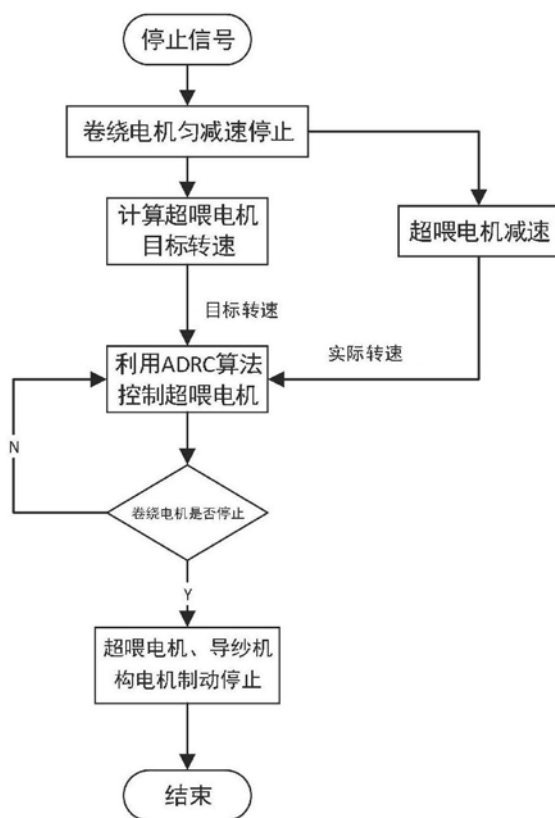


图4

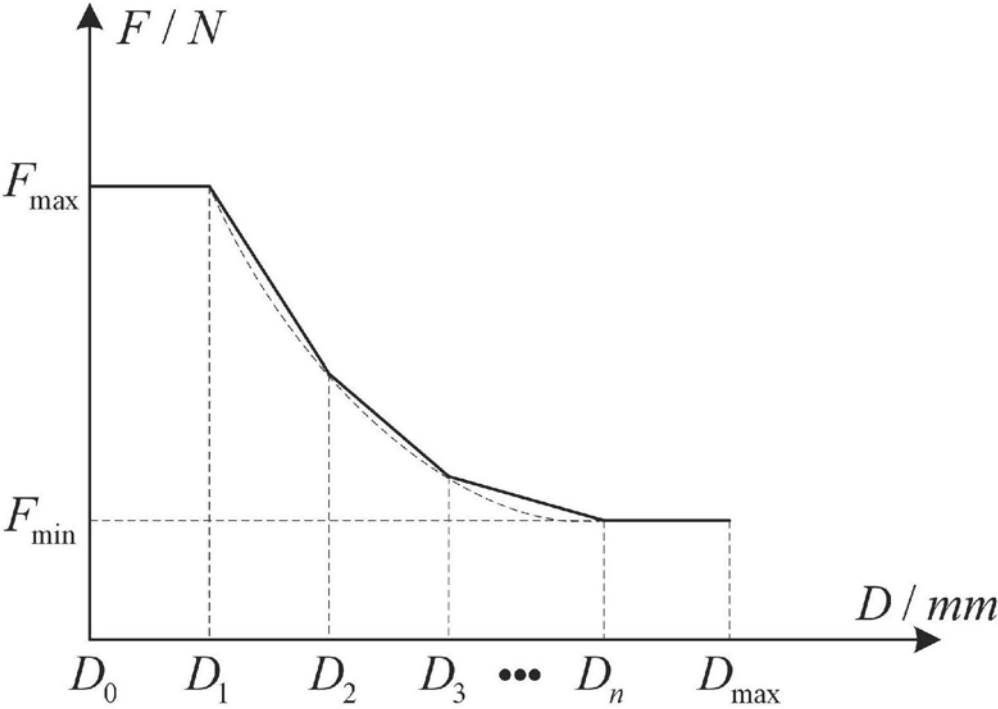


图5

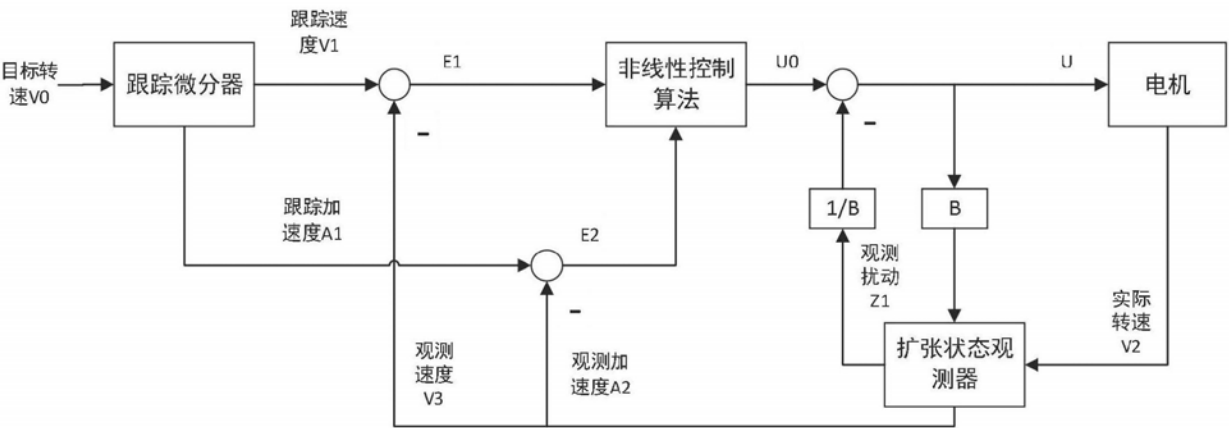


图6