

台达张力控制变频收卷的控制原理及在纺织行业的应用

出处：自动化在线 <http://www.autooo.net/>

一、前言：

用变频器做恒张力控制的实质是闭环矢量控制，即加编码器反馈。对收卷来说，收卷的卷径是由小到大变化的，为了保证恒张力，所以要求电机的输出转矩要由小到大变化。同时在不同的操作过程，要进行相应的转矩补偿。即小卷启动的瞬间、加速、减速、停车，大卷启动时，要在不同卷径时进行不同的转矩补偿，这样就能使得收卷的整个过程很稳定，避免小卷时张力过大；大卷启动时松纱的现象。

二、张力控制变频收卷在纺织行业的应用及工艺要求

2.1 传统收卷装置的弊端

纺织机械如：浆纱机、浆染联合机、并轴机等设备都会有收卷的环节。传统的收卷都是采用机械传动，因为机械的同轴传动对于机械的磨损是非常严重的，据了解，用于同轴传动部分的机械平均寿命基本上是一年左右。而且经常要维护，维护的时候也是非常麻烦的，不仅浪费人力而且维护费用很高，给客户带来了很大的不便。尤其是纺织设备基本上是开机后不允许中途停车的，如发生意外情况需要停车会造成很大的浪费。在这种情况下，张力控制变频收卷开始逐渐取代传统的机械传动系统。

2.2 张力控制变频收卷的工艺要求

- 1) 在收卷的整个过程中都保持恒定的张力。张力的单位为：牛顿或公斤力。
- 2) 在启动小卷时，不能因为张力过大而断纱；大卷启动时不能松纱。
- 3) 在加速、减速、停止的状态下也不能有上述情况出现。
- 4) 要求将张力量化，即能设定张力的大小（力的单位），能显示实际卷径的大小。

2.3 张力控制变频收卷的优点

- 1) 张力设定在人机上设定，人性化的操作，单位为力的单位：牛顿。
- 2) 使用先进的控制算法：卷径的递归运算；空心卷径激活时张力的线性递加；张力锥度计算公式的应用；转矩补偿的动态调整等等。

3) 卷径的实时计算，精确度非常高，保证收卷电机输出转矩的平滑性能好。并且在计算卷径时加入了卷径的递归运算，在操作失误的时候，能自己纠正卷径到正确的数值。

径时加入了卷径的递归运算，在操作失误的时候，能自己纠正卷径到正确的数值。

4) 因为收卷装置的转动惯量是很大的，卷径由小变大时。如果操作人员进行加速、减速、停车、再激活时很容易造成爆纱和松纱的现象，将直接导致纱的质量。而进行了变频收卷的改造后，在上述各种情况下，收卷都很稳定，张力始终恒定。而且经过 PLC 的处理，在特定的动态过程，加入一些动态的调整措施，使得收卷的性能更好。

(5) 在传统机械传动收卷的基础上改造成变频收卷，非常简便而且造价低，基本上不需对原有机械进行改造。改造周期小，基本上两三天就能安装调试完成。

(6) 克服了机械收卷对机械磨损的弊端，延长机械的使用寿命。方便维护设备。

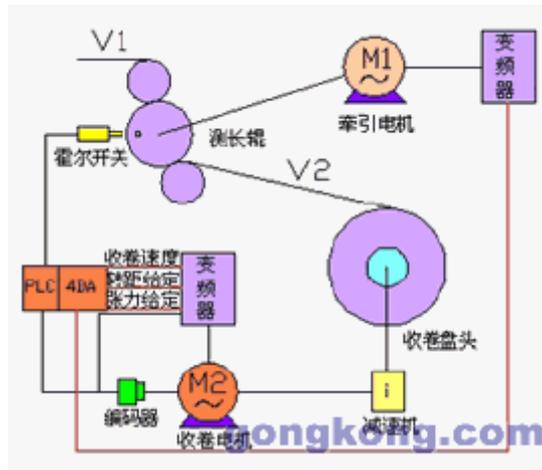


图 1 系统构成及系统框图

三、变频收卷的控制原理及调试过程

3.1 卷径的计算原理

根据 $V_1 = V_2$ 来计算收卷的卷径。因为 $V_1 = \omega_1 * R_1$, $V_2 = \omega_2 * R_x$ 。因为在相同的时间内由测长辊走过的纱的长度与收卷收到的纱的长度是相等的。即 $L_1 / \Delta t = L_2 / \Delta t$, $\Delta n_1 * C_1 = \Delta n_2 * C_2 / i$ (Δn_1 ---单位时间内牵引电机运行的圈数、 Δn_2 ---单位时间内收卷电机运行的圈数、 C_1 ---测长辊的周长、 C_2 ---收卷盘头的周长、 i ---减速比) $\Delta n_1 * \pi * D_1 = \Delta n_2 * \pi * D_2 / i$ $D_2 = \Delta n_1 * D_1 * i / \Delta n_2$, 因为 $\Delta n_2 = \Delta P_2 / P_2$ (ΔP_2 ---收卷编码器产生的脉冲数、 P_2 ---收卷编码器的线数)。 $\Delta n_1 = \Delta P_1 / P_1$ 取 $\Delta n_1 = 1$, 即测长辊转一圈, 由霍尔开关产生一个信号接到 PLC。那么 $D_2 = D_1 * i * P_2 / \Delta P_2$, 这样收卷盘头的卷径就得到了。

生的脉冲数、 P_2 ---收卷编码器的线数)。 $\Delta n_1 = \Delta P_1 / P_1$ 取 $\Delta n_1 = 1$, 即测长辊转一圈, 由霍尔开关产生一个信号接到 PLC。那么 $D_2 = D_1 * i * P_2 / \Delta P_2$, 这样收卷盘头的卷径就得到了。

3.2 收卷的动态过程分析

要能保证收卷过程的平稳性, 不论是大卷、小卷、加速、减速、激活、停车都能保证张力的恒定。需要进行转矩的补偿。整个系统要激活起来, 首先要克服静摩擦力所产生的转矩, 简称静摩擦转矩, 静摩擦转矩只在激活的瞬间起作用; 正常运行时要克服滑动摩擦力产生地滑动摩擦转矩, 滑动摩擦转矩在运行当中一直都存在, 并且在低速、高速时的大小是不一样的。需要进行不同大小的补偿, 系统在加速、减速、停车时为克服系统的惯量, 也要进行相应的转矩补偿, 补偿的量与运行的速度也有相应的比例关系。在不同车速的时候, 补偿的系数是不同的。即加速转矩、减速转矩、停车转矩、激活转矩; 克服了这些因素, 还要克服负载转矩, 通过计算出的实时卷径除以 2 再乘以设定的张力大小, 经过减速比折算到电机轴。这样就分析出了收卷整个过程的转矩补偿的过程。总结: 电机的输出转矩=静摩擦转矩(激活瞬间)+滑动摩擦转矩+负载转矩。(1) 在加速时还要加上加速转矩; (2) 在减速时要减去减速转矩。(3) 停车时, 因为是通过程控减速至设定的最低速, 所以停车转矩的补偿同减速转矩的处理。

3.3 转矩的补偿标准

1) 静摩擦转矩的补偿

因为静摩擦转矩只在激活的瞬间存在, 在系统激活后就消失了。因此静摩擦转矩的补偿是以计算后电机输出转矩乘以一定的百分比进行补偿。

2) 滑动摩擦转矩的补偿

滑动摩擦转矩的补偿在系统运行的整个过程中都是起作用的。补偿的大小以收卷电机的额定转矩为标准。补偿量的大小与运行的速度有关系。所以在程序中处理时, 要分段进行补偿。

(3) 加减速、停车转矩的补偿

补偿硬一收卷电机的额定转矩为标准，相应的补偿系数应该比较稳定，变化不大。

3.4 计算当中的公式计算

(1) 已知空芯卷径

$D_{min}=200\text{mm}$, $D_{max}=1200\text{mm}$; 线速度的最大值 $V_{max}=90\text{m/min}$, 张力设定最大值 $F_{max}=50\text{kg}$ (约等于 500 牛顿); 减速比 $i=9$; 速度的限制如下: 因为: $V=\pi * D * n / i$ (对于收卷电机) \Rightarrow 收卷电机在空芯卷径时的转速是最快的。所以: $90=3.14 * 0.2 * n / 9 \Rightarrow n=1290\text{r/min}$;

(2) 因为我们知道变频器工作在低频时, 交流异步电机的特性不好, 激活转矩低而且非线性。因此在收卷的整个过程中要尽量避免收卷电机工作在 2Hz 以下。因此: 收卷电机有个最低速度的限制。计算如下: 对于四极电机而言其同步转速为: $n_1=60f_1/p \Rightarrow n_1=1500\text{r/min}$ 。 $\Rightarrow 2\text{Hz}/50\text{Hz}=N/1500 \Rightarrow n=60\text{r/min}$ 。当达到最大卷径时, 可以求出收卷整个过程中运行的最低速。

$V=\pi * D * n / i \Rightarrow V_{min}=3.14 * 1.2 * 60 / 9 = 25.12\text{m/min}$ 。张力控制时, 要对速度进行限制, 否则会出现飞车。因此要限速。

(3) 张力及转矩的计算如下: 如果 $F * D / 2 = T / I \Rightarrow F = 2 * T * i / D$ 对于 22KW 的交流电机, 其额定转矩的计算如下: $T = 9550 * P / n \Rightarrow T = 140\text{N} \cdot \text{m}$ 。所以 $F_{max} = 2 * 140 * 9 / 0.2 = 12600\text{N}$ 。(其中 P 为额定功率, n 为额定转速)。

(4) 调试过程:

- 先对电机进行自整定, 将电机的定子电感、定子电阻等参数读入变频器。
- 将编码器的信号接至变频器, 并在变频器上设定编码器的线数。然后用面板给定频率和

启停控制, 观察显示的运行频率是否在设定频率的左右波动。因为运用死循环矢量控制时, 运行频率总是在参考编码器反馈的速度, 最大限度的接近设定频率, 所以运行频率是在设定频率的附近震荡的。

- 在程序中设定空芯卷径和最大卷径的数值。通过前面卷径计算的公式算出电机尾部所加编码器产生的最大脉冲量 (P2) 和最低脉冲量 (P2)。通过算出的最大脉冲量对收卷电机的速度进行限定, 因为变频器用作张力控制时, 如果不对最高速进行限定, 一旦出现断纱等情况, 收卷电机就会飞车的。最低脉冲量是为了避免收卷变频器运行在 2Hz 以下, 因为变频器在 2Hz 以下运行时, 电机的转矩特性很差, 会出现抖动的现象。

电机的转矩特性很差, 会出现抖动的现象。

- 通过前面分析的整个收卷的动态过程, 在不同卷径和不同运行速度的各个阶段, 进行一定的转矩补偿. 补偿的大小, 可以以电机额定转矩的百分比来设定。

四、真正的张力控制.

5.1 张力控制的定义

所谓的张力控制, 通俗点讲就是要能控制电机输出多大的力, 即输出多少牛顿。反应到电机轴即能控制电机的输出转矩。

5.2 真正的张力控制不同于靠前后两个动力点的速度差形成张力的系统, 靠速度差来调节张力的实质是对张力的 PID 控制, 要加张力传感器。而且在大小卷启动、停止、加速、减速、停车时的调节不可能做到象真正的张力控制的效果, 张力不是很稳定。肯定会影响到生产出产品的质量。

五、变频收卷对变频器性能的要求

1) 变频收卷的实质是要完成张力控制, 即能控制电机的运行电流, 因为三相异步电机的输出转矩 $T=C_m \phi_m I_a$, 与电流成正比。并且当负载有突变时能够保证电机的机械特性曲线比较硬. 所以必须用矢量变频器, 而且必须要加编码器死循环控制。

2) 台达 V 系列的变频器是向量型变频器，能够完成张力控制，并能配合外部其他接口设备很好地完成收放卷功能。目前，台达正在对张力控制收放卷专用的向量型变频器 V+系列进行开发，相信很快就能拥有该专用机型。台达 V+系列向量型变频器张力的控制专用变频器的具有很多主要功能和参数并且加入了自己的算法，具有自己的特点，加上台达在全国的联保服务能够解决客户的后顾之忧。应该是客户不错的选择。