

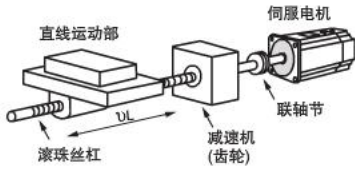


伺服电机的容量选定和再生容量选定

伺服电机的容量选定实例

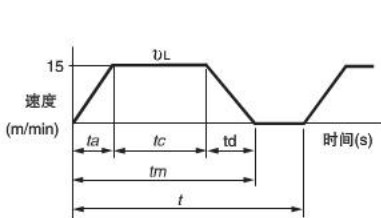
● 速度控制的选定实例

机械规格



- 负载速度： $v_L = 15\text{m/min}$
- 直线运动部质量： $m = 250\text{kg}$
- 滚珠丝杠长度： $l_B = 1.0\text{m}$
- 滚珠丝杠直径： $d_B = 0.02\text{m}$
- 滚珠丝杠节距： $P_B = 0.01\text{m}$
- 滚珠丝杠材质密度： $\rho = 7.87 \times 10^3\text{kg/m}^3$
- 减速比： $1/2(R=2)$
- 齿轮+联轴节的转动惯量： $J_G = 0.40 \times 10^{-4}\text{kg} \cdot \text{m}^2$
- 进给次数： $n = 40\text{次/min}$
- 进给长度： $l = 0.275\text{m}$
- 进给时间： $t_m = 1.2\text{s}$ 以下
- 摩擦系数： $\mu = 0.2$
- 机械效率： $\eta = 0.9(90\%)$

(1) 速度线图



$$t = \frac{60}{n} = \frac{60}{40} = 1.5(\text{s})$$

假设 $t_a = t_d$

$$t_a = t_m - \frac{60l}{v_L} = 1.2 - \frac{60 \times 0.275}{15} = 1.2 - 1.1 = 0.1(\text{s})$$

$$t_c = 1.2 - 0.1 \times 2 = 1.0(\text{s})$$

(2) 转速

· 负载轴转速 $n_L = \frac{v_L}{P_B} = \frac{15}{0.01} = 1500(\text{min}^{-1})$

· 电机轴转速 减速比 $1/R = 1/2(R=2)$
因此 $n_M = n_L \cdot R = 1500 \times 2 = 3000(\text{min}^{-1})$

(3) 负载转矩

$$T_L = \frac{9.8\mu \cdot m \cdot P_B}{2\pi R \cdot \eta} = \frac{9.8 \times 0.2 \times 250 \times 0.01}{2\pi \times 2 \times 0.9} = 0.43(\text{N} \cdot \text{m})$$

(4) 负载转动惯量

· 直线运动部 $J_{L1} = m \left(\frac{P_B}{2\pi R} \right)^2 = 250 \times \left(\frac{0.01}{2\pi \times 2} \right)^2 = 1.58 \times 10^{-4}(\text{kg} \cdot \text{m}^2)$

· 滚珠丝杠 $J_B = \frac{\pi}{32} P \cdot l_B \cdot d_B^4 \cdot \frac{1}{R^2} = \frac{\pi}{32} \times 7.87 \times 10^3 \times 1.0 \times (0.02)^4 \cdot \frac{1}{2^2} = 0.31 \times 10^{-4}(\text{kg} \cdot \text{m}^2)$

· 联轴节 $J_G = 0.40 \times 10^{-4}(\text{kg} \cdot \text{m}^2)$

· 换算到电机轴侧的负载转动惯量 $J_L = J_{L1} + J_B + J_G = (1.58 + 0.31 + 0.40) \times 10^{-4} = 2.29 \times 10^{-4}(\text{kg} \cdot \text{m}^2)$

(5) 负载行走功率

$$P_O = \frac{2\pi n_M \cdot T_L}{60} = \frac{2\pi \times 3000 \times 0.43}{60} = 135(\text{W})$$

伺服电机的容量选定实例

(6) 负载加速功率

$$P_a = \left(\frac{2\pi}{60} n_M \right)^2 \frac{J_L}{t_a} = \left(\frac{2\pi}{60} \times 3000 \right)^2 \times \frac{2.29 \times 10^{-4}}{0.1} = 226(\text{W})$$

(7) 预选伺服电机

(a) 选定条件 · $T_L \leq$ 电机额定转矩

$$\cdot \frac{(P_0 + P_a)}{2} < \frac{\text{预选电机的}}{\text{额定输出}} < (P_0 + P_a)$$

· $n_M \leq$ 电机额定转速

· $J_L \leq$ 容许负载转动惯量

根据选定条件, 可暂定为以下电机。

· 伺服电机 SGMJV-02A

(b) 伺服电机的各参数

- 额定输出 : 200(W)
- 额定转速 : 3000(min^{-1})
- 额定转矩 : 0.637($\text{N} \cdot \text{m}$)
- 瞬时最大转矩 : 2.23($\text{N} \cdot \text{m}$)
- 电机转子转动惯量 : 0.259×10^{-4} ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)
- 容许负载转动惯量 : $0.259 \times 10^{-4} \times 15 = 3.885 \times 10^{-4}$ ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

(8) 预选伺服电机的确认

· 所需加速转矩的确认 $T_P = \frac{2\pi n_M (J_M + J_L)}{60 t_a} + T_L = \frac{2\pi \times 3000 \times (0.259 + 2.29) \times 10^{-4}}{60 \times 0.1} + 0.43$
 $\approx 1.23(\text{N} \cdot \text{m}) < \text{瞬时最大转矩} \cdots \text{可用}$

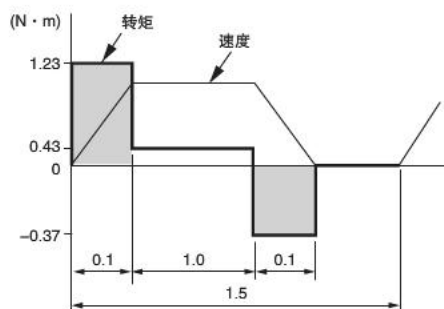
· 所需减速转矩的确认 $T_S = \frac{2\pi n_M (J_M + J_L)}{60 t_d} - T_L = \frac{2\pi \times 3000 \times (0.259 + 2.29) \times 10^{-4}}{60 \times 0.1} - 0.43$
 $\approx 0.37(\text{N} \cdot \text{m}) < \text{瞬时最大转矩} \cdots \text{可用}$

· 转矩有效值的确认 $T_{rms} = \sqrt{\frac{T_P^2 \cdot t_a + T_L^2 \cdot t_c + T_S^2 \cdot t_d}{t}} = \sqrt{\frac{(1.23)^2 \times 0.1 + (0.43)^2 \times 1.0 + (0.37)^2 \times 0.1}{1.5}}$
 $\approx 0.483(\text{N} \cdot \text{m}) < \text{额定转矩} \cdots \text{可用}$

(9) 选定结果

根据上述步骤预选伺服电机可供使用。

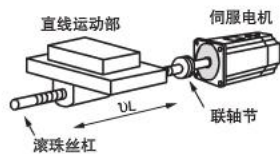
转矩线图如下所示。



伺服电机的容量选定实例

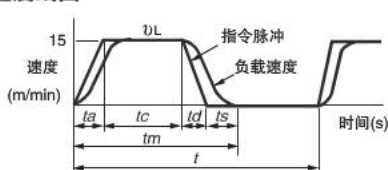
● 位置控制的选定实例

机械规格



- 负载速度: $v_L = 15\text{m/min}$
- 直线运动部质量: $m = 80\text{kg}$
- 滚珠丝杠长度: $l_B = 0.8\text{m}$
- 滚珠丝杠直径: $d_B = 0.016\text{m}$
- 滚珠丝杠节距: $P_B = 0.005\text{m}$
- 滚珠丝杠材质密度: $\rho = 7.87 \times 10^3\text{kg/m}^3$
- 联轴器质量: $m_C = 0.3\text{kg}$
- 联轴器外径: $d_C = 0.03\text{m}$
- 进给次数: $n = 40\text{次/min}$
- 进给长度: $l = 0.25\text{m}$
- 进给时间: $t_m = 1.2\text{s}$ 以下
- 电气停止精度: $\delta = \pm 0.01\text{mm}$
- 摩擦系数: $\mu = 0.2$
- 机械效率: $\eta = 0.9(90\%)$

(1) 速度线图



$$t = \frac{60}{n} = \frac{60}{40} = 1.5(\text{s})$$

$$\text{假设 } t_a = t_d \quad t_s = 0.1(\text{s})$$

$$t_a = t_m - t_s - \frac{60l}{v_L} = 1.2 - 0.1 - \frac{60 \times 0.25}{15} = 0.1(\text{s})$$

$$t_c = 1.2 - 0.1 \times 2 = 1.0(\text{s})$$

(2) 转速

$$\cdot \text{负载轴转速} \quad n_L = \frac{v_L}{P_B} = \frac{15}{0.005} = 3000(\text{min}^{-1})$$

$$\cdot \text{电机轴转速} \quad \text{由于联轴器直接连接, 因此根据减速比 } 1/R=1/1 \\ \text{因此 } n_M = n_L \cdot R = 3000 \times 1 = 3000(\text{min}^{-1})$$

(3) 负载转矩

$$T_L = \frac{9.8\mu \cdot m \cdot P_B}{2\pi R \cdot \eta} = \frac{9.8 \times 0.2 \times 80 \times 0.005}{2\pi \times 1 \times 0.9} = 0.139(\text{N} \cdot \text{m})$$

(4) 负载转动惯量

$$\cdot \text{直线运动部} \quad J_{L1} = m \left(\frac{P_B}{2\pi R} \right)^2 = 80 \times \left(\frac{0.005}{2\pi \times 1} \right)^2 = 0.507 \times 10^{-4}(\text{kg} \cdot \text{m}^2)$$

$$\cdot \text{滚珠丝杠} \quad J_B = \frac{\pi}{32} P \cdot l_B \cdot d_B^4 = \frac{\pi}{32} \times 7.87 \times 10^3 \times 0.8 \times (0.016)^4 = 0.405 \times 10^{-4}(\text{kg} \cdot \text{m}^2)$$

$$\cdot \text{联轴器} \quad J_C = \frac{1}{8} m_C \cdot d_C^4 = \frac{1}{8} \times 0.3 \times (0.03)^2 = 0.338 \times 10^{-4}(\text{kg} \cdot \text{m}^2)$$

$$\cdot \text{换算到电机轴侧的} \\ \text{负载转动惯量} \quad J_L = J_{L1} + J_B + J_C = 1.25 \times 10^{-4}(\text{kg} \cdot \text{m}^2)$$

伺服电机的容量选定实例

(5) 负载行走功率

$$P_O = \frac{2\pi n_M \cdot T_L}{60} = \frac{2\pi \times 3000 \times 0.139}{60} = 43.7(\text{W})$$

(6) 负载加速功率

$$P_a = \left(\frac{2\pi}{60} n_M \right)^2 \frac{J_L}{ta} = \left(\frac{2\pi}{60} \times 3000 \right)^2 \times \frac{1.25 \times 10^{-4}}{0.1} = 123.4(\text{W})$$

(7) 预选伺服电机

(a) 选定条件

- $T_L \leq$ 电机额定转矩

$$\cdot \frac{(P_O + P_a)}{2} < \frac{\text{预选电机的}}{\text{额定输出}} < (P_O + P_a)$$

- $n_M \leq$ 电机额定转速
- $J_L \leq$ 容许负载转动惯量

根据选择条件,可暂定为以下电机:

- 伺服电机 SGMJV-01A

(b) 伺服电机的各参数

- 额定输出 : 100(W)
- 额定转速 : 3000(min⁻¹)
- 额定转矩 : 0.318(N·m)
- 瞬时最大转矩 : 1.11(N·m)
- 电机转子转动惯量 : 0.0665 × 10⁻⁴(kg·m²)
- 容许负载转动惯量 : 0.0665 × 10⁻⁴ × 20 = 1.33 × 10⁻⁴(kg·m²)
- 编码器分辨率 : 20bit(1048576P/rev)

(8) 预选伺服电机的确认

• 所需加速转矩的确认 $T_P = \frac{2\pi n_M (J_M + J_L)}{60 ta} + T_L = \frac{2\pi \times 3000 \times (0.0665 + 1.25) \times 10^{-4}}{60 \times 0.1} + 0.139$

$$\approx 0.552(\text{N} \cdot \text{m}) < \text{瞬时最大转矩} \cdots \text{可用}$$

• 所需减速转矩的确认 $T_S = \frac{2\pi n_M (J_M + J_L)}{60 td} - T_L = \frac{2\pi \times 3000 \times (0.0665 + 1.25) \times 10^{-4}}{60 \times 0.1} - 0.139$

$$\approx 0.275(\text{N} \cdot \text{m}) < \text{瞬时最大转矩} \cdots \text{可用}$$

• 转矩有效值的确认 $T_{rms} = \sqrt{\frac{T_P^2 \cdot ta + T_L^2 \cdot tc + T_S^2 \cdot td}{t}} = \sqrt{\frac{(0.552)^2 \times 0.1 + (0.139)^2 \times 0.9 + (0.275)^2 \times 0.1}{1.5}}$

$$\approx 0.192(\text{N} \cdot \text{m}) < \text{额定转矩} \cdots \text{可用}$$

根据上述步骤预选的伺服电机在容量上符合使用条件。下面就位置控制进行研讨。

伺服电机的容量选定实例

(9) PG 反馈脉冲的分频比……电子齿轮 $\left(\frac{B}{A}\right)$ 的设定

根据电气停止精度 $\delta = \pm 0.01\text{mm}$ ，将位置检测单位设为 $\Delta\ell = 0.01\text{mm/pulse}$ ，则：

$$\frac{P_B}{\Delta\ell} \times \left(\frac{B}{A}\right) = \frac{5}{0.01} \times \left(\frac{B}{A}\right) = 1048576$$

$$k = \left(\frac{B}{A}\right) = \frac{1048576}{500}$$

(10) 指令脉冲频率

$$v_S = \frac{1000 v_L}{60 \times \Delta\ell} = \frac{1000 \times 15}{60 \times 0.01} = 25,000(\text{pps})$$

(11) 偏差计数器滞留脉冲

将位置环增益设为 $K_P = 40(1/\text{s})$ ，则：

$$\varepsilon = \frac{v_S}{K_P} = \frac{25,000}{40} = 625(\text{pulse})$$

(12) 电气停止精度

$$\pm \Delta\ell = \pm \frac{\varepsilon}{(\text{伺服单元控制范围}) \times \frac{n_M}{n_R}} = \pm \frac{625}{5000 \times \frac{3000}{3000}} \approx \pm 0.125 < \pm 1(\text{pulse}) = \pm 0.01(\text{mm})$$

通过上述步骤，在位置控制方面预选的伺服电机也可供使用。