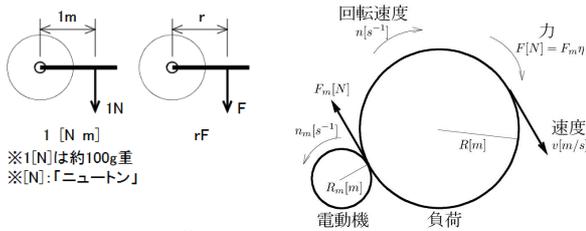


## NO9 語句解説 — 電動機応用 —

1. 電動機が、減速比 8 で効率が 0.95 の減速機を介して負荷を駆動している。このときの電動機の回転速度  $n_m$  が  $1150\text{min}^{-1}$ 、トルク  $T_m$  が  $100\text{N}\cdot\text{m}$  であった。負荷の回転速度  $n_L[\text{min}^{-1}]$ 、軸トルク  $T_L[\text{N}\cdot\text{m}]$  および軸入力  $P_L[\text{W}]$  の値を求めよ。

- ・トルク→軸を回転させる力（軸の回転を妨げる力）
- ・物体の移動で、力  $F$  を加えながら  $l[\text{m}]$  間距離移動させた→この場合のエネルギー（仕事）は  $E=Fl[\text{J}]$
- ・動力（仕事率） $P$  は、1 秒間当たりの仕事であるから  $P = \frac{E}{t} = F \cdot \frac{l}{t} = Fv[\text{W}]$
- ・円の回転運動では円周上の点の速度は  $v=\omega r[\text{m/s}]$ 。
- ・よって  $P = F \cdot v = F \cdot 2\pi R \cdot n = 2\pi n \cdot FR = \omega T[\text{W}]$   $T$  はトルク  $[\text{N}\cdot\text{m}]$



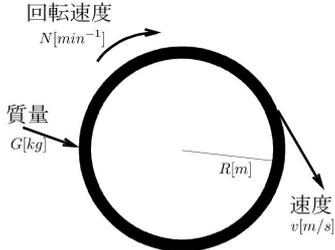
電動機と負荷が減速比  $\alpha$ 、効率  $\eta$  の減速機（歯車）で運転されている場合、電動機側の回転速度  $n_m$ 、動力  $P_m[\text{W}]$ 、トルク  $T_m[\text{Nm}]$  と負荷側の回転速度  $n$  は次の通り。

回転速度：  $\alpha = \frac{n_m}{n}$     動力：  $P_m \eta = P$     トルクの式から  $\omega_m T_m \eta = \omega T \rightarrow n_m T_m \eta = n T$

$$n_L = \frac{N_m}{\alpha} = \frac{1150}{8} \approx 143.75[\text{min}^{-1}] \quad T_L = \frac{N_m T_m \eta}{n_L} = \frac{1150 \times 100 \times 0.95}{143.75} \approx 760[\text{N}\cdot\text{m}]$$

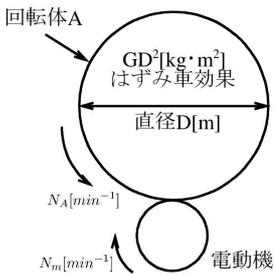
$$P_L = \omega_L T_L = 2\pi \times \frac{n_L}{60} \times T_L = 2\pi \times \frac{143.75}{60} \times 760 \approx 11440.63[\text{W}]$$

2. 慣性モーメントが  $10\text{kg}\cdot\text{m}^2$  の電動機 ( $J_M$ ) が、5:1 の減速歯車を介して慣性モーメントが  $700\text{kg}\cdot\text{m}^2$  の負荷 ( $J_L$ ) を駆動しているとき、電動機軸に換算された全慣性モーメント ( $J_o$ )  $[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$  の値を求めよ。



左図に示す回転体の運動エネルギー  $E[\text{J}]$  は

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2} G v^2 = \frac{1}{2} G \left( 2\pi R \frac{N}{60} \right)^2 = \frac{1}{2} G (\omega R)^2 = \frac{1}{2} G R^2 \omega^2 = \frac{1}{2} J \omega^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{G D^2}{4} \right) \omega^2 \\ &= \frac{1}{2} \left( \frac{G D^2}{4} \right) \left( \frac{2\pi N}{60} \right)^2 = \frac{1}{2 \times 4} \cdot \frac{4\pi^2}{3600} \cdot G D^2 N^2 \approx \frac{G D^2 N^2}{729.5} \quad [\text{J}] \end{aligned}$$



ここで、  $J = G R^2 = \frac{G D^2}{4} [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$  ,  $\omega = \frac{2\pi N}{60} [\text{rad/s}]$

$G R^2$  を慣性モーメント、  $G D^2$  をはずみ車効果という。

回転体 A のはずみ車効果  $G D^2$  を電動機軸側の  $G_m D_m^2$  へ換算するには、

- ・  $G D^2$  が  $N_A$  で回転しているときの運動エネルギー  $E_A$  を求める。
- ・  $G_m D_m^2$  が  $N_m$  で回転しているときの運動エネルギー  $E_m$  を求める。
- ・  $E_A = E_m$  において、  $G_m D_m^2$  を求める。

$$\frac{G D^2 N_A^2}{729.5} = \frac{G_m D_m^2 N_m^2}{729.5} \quad \text{より} \quad G_m D_m^2 = G D^2 \left( \frac{N_A}{N_m} \right)^2$$

電動機軸側に換算した全慣性モーメント  $J_o$  は電動機の慣性モーメントと回転体 A の換算した慣性モーメントの和である。

$$J_o = J_M + J_L \left( \frac{N_A}{N_m} \right)^2 = 10 + 700 \left( \frac{1}{5} \right)^2 = 10 + 28 = 38 [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$$

3. 慣性モーメント  $100[\text{kg}\cdot\text{m}^2]$  のはずみ車が  $1200\text{min}^{-1}$  で回転している。このはずみ車が持つ運動エネルギーを求めよ。また、このはずみ車に負荷が加わり、4秒間で回転速度が  $1200\text{min}^{-1}$  から  $1000\text{min}^{-1}$  まで減速した。この間にはずみ車が放出した平均電力を求めよ。

$$E = \frac{GD^2N^2}{729.5} = \frac{(100 \times 4) \times 1200^2}{729.5} \doteq 789582 \doteq 790[\text{kJ}]$$

$$P = \frac{E_1 - E_2}{t} = \frac{GD^2N_1^2}{729.5t} - \frac{GD^2N_2^2}{729.5t} = \frac{GD^2(N_1^2 - N_2^2)}{729.5t} = \frac{(100 \times 4) \times (1200^2 - 1000^2)}{729.5 \times 4} \doteq 60315 \doteq 60.3[\text{kW}]$$

4. 乗客を含めた車両の質量  $50\text{t}$ 、走行抵抗  $200\text{N/t}$  の電車が  $60\text{km/h}$  の一定速度で走行しようとする場合、機械効率  $0.95$  の歯車で連結されている駆動用電動機に要求される出力  $[\text{kW}]$  を求めよ。

$$F = 50 \times 200 = 10000[\text{N}]$$

$$\text{時速 } 60\text{km/h} \text{ を秒速に換算すると } 60\text{km/h} = \frac{60 \times 1000[\text{m}]}{3600[\text{s}]} \doteq 16.67[\text{m/s}]$$

電動機の所要出力は、列車抵抗と加速抵抗を加えた値に等しい牽引力を発生させる必要があり、電動機の台数を  $N$  [台]、牽引力を  $F$  [N]、列車速度を  $v$  [m/s]、動力伝達効率を  $\eta$  とすると、電動機 1 台当たりの所要出力  $P$  は

$$P = \frac{F[\text{N}] \cdot v[\text{m/s}]}{N[\text{台}] \cdot \eta} [\text{W/台}] \quad (\text{問 1. の } P = \frac{E}{t} = F \cdot \frac{l}{t} = Fv[\text{W}] \text{ より})$$

$$\text{よって、電動機の所要出力 } P \text{ は } P = \frac{10000 \times 16.67}{1 \times 0.95} \doteq 175474 \doteq 175[\text{kW}]$$

5. 4 極、 $60\text{Hz}$ 、 $200\text{V}$  の三相誘導電動機があり、その同期速度付近の発生トルクは、すべりを  $s$  とすると  $T_m=3000s[\text{N}\cdot\text{m}]$  で与えられる。この電動機で、定トルク  $T_l=120[\text{N}\cdot\text{m}]$  の負荷を駆動しているとき、電動機の回転速度  $[\text{min}^{-1}]$  と、電動機出力  $[\text{kW}]$  を求めよ。

$$T_m=T_l \text{ のときが平衡運転速度であるから、その時の滑り } s \text{ と回転速度 } N \text{ は } 3000s = 120 \text{ より } s = \frac{120}{3000} = 0.04$$

$$N = N_s(1 - s) = \frac{120f}{P}(1 - s) = \frac{120 \times 60}{4}(1 - 0.04) = 1728[\text{min}^{-1}] \quad (\text{ここでの } P \text{ はモータの極数})$$

電動機の出力 (P: 電力) は

$$P = \omega T_m = 2\pi \frac{N}{60} T_m = 2\pi \times \frac{1728}{60} \times 120 \doteq 21715 \doteq 21.7[\text{kW}]$$

6. 巻上機によって質量  $1500\text{kg}$  の物体を  $0.3\text{m/s}$  の一定速度で巻き上げるのに必要な電動機出力  $[\text{kW}]$  を求めよ。ただし、ロープの質量および加速に要する動力は無視するものとし、機械装置の効率を  $95\%$  とする。

$$P = \frac{9.8mv}{\eta} = \frac{9.8 \times 1500 \times 0.3}{0.95} \doteq 4642 \doteq 4.64[\text{kW}]$$

$$m \text{ を質量、} g \text{ を重力加速度とすると、運動方程式は } F = mg = 9.8m[\text{N}]$$