

## 馬達容量的選擇

選擇變頻器前請先選擇馬達。配合應用程式來計算負載慣性，並計算馬達所需的容量與扭力以做選擇。

### ■簡易選擇方法(所需的輸出計算方法)

本計算方法乃計算馬達於穩定旋轉狀態下所需的輸出(W)，進而選擇馬達。由於沒有包括加減速狀態等的過度計算，因此在選擇馬達時請在計算值上留有餘量。針對如風扇、輸送裝置與攪拌器用以持續一定狀態的應用程式等，可進行簡易選擇。

※不適用於以下的應用程式。

- 需要急速的起動
- 頻繁地重複運轉/停止
- 動力傳送部位的慣性大
- 動力傳送部位的效率低

### ●直線運動時：穩定功率Po [kW]

$$P_o = \frac{\mu \cdot W \cdot V\ell}{6120 \cdot \eta}$$

$\mu$  : 摩擦係數  
 $W$  : 直線運動部位的質量[kg]  
 $V\ell$  : 直線運動部位的速度[m/min]  
 $\eta$  : 減速機(傳動部位)的功率

### ●旋轉運動時：穩定功率Po [kW]

$$P_o \text{ [kW]} = \frac{2\pi \cdot T\ell \cdot N\ell}{60 \cdot \eta} \times 10^{-3}$$

$T\ell$  : 負載扭力(負載軸) [N·m]  
 $N\ell$  : 負載軸的回轉數[r/min]  
 $\eta$  : 傳動部位的功率 ( $\eta \leq 1$ )

### ■詳細選擇方法(R.M.S計算方法)

本方法可計算有效轉矩與最大扭力來選擇馬達，用以達到應用程式的動作模式。進行符合動作模式的詳細馬達選擇。

### ●計算馬達軸換算的慣性

使用以下所示的慣性公式來計算所有零件的慣性，再換算成馬達軸換算慣性。

$$J_w = J_1 + J_2 = \left( \frac{M_1 \cdot D^2}{8} + \frac{M_2 \cdot D^2}{4} \right) \times 10^{-6} \text{ (kg} \cdot \text{m}^2)$$

$J_w$  : 慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $J_1$  : 圓筒的慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $J_2$  : 物體所產生的慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $D$  : 直徑(mm)  
 $M_1$  : 圓筒的質量(kg)  
 $M_2$  : 物體的質量(kg)

$$J_w = J_1 + J_2 + J_3 + J_4 = \left( \frac{M_1 \cdot D_1^2}{8} + \frac{M_2 \cdot D_2^2}{8} \cdot \frac{D_1^2}{D_2^2} + \frac{M_3 \cdot D_1^2}{4} + \frac{M_4 \cdot D_1^2}{4} \right) \times 10^{-6} \text{ (kg} \cdot \text{m}^2)$$

$J_w$  : 慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $J_1$  : 圓筒1的慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $J_2$  : 圓筒2的慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $J_3$  : 物體所產生的慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $J_4$  : 皮帶所產生的慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $D_1$  : 圓筒1的直徑(mm)  
 $D_2$  : 圓筒2的直徑(mm)  
 $M_1$  : 圓筒1的質量(kg)  
 $M_2$  : 圓筒2的質量(kg)  
 $M_3$  : 物體的質量(kg)  
 $M_4$  : 皮帶的質量(kg)

$$J_w = J_1 + \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 J_2 + \frac{M \cdot D_1^2}{4} \times 10^{-6} \text{ (kg} \cdot \text{m}^2)$$

$J_w$  : 整體的慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $J_1$  : 滾輪1的慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $J_2$  : 滾輪2的慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $D_1$  : 滾輪1的直徑(mm)  
 $D_2$  : 滾輪2的直徑(mm)  
 $M$  : 工件的等價質量(kg)

$$J_L = J_1 + G^2 (J_2 + J_w) \text{ (kg} \cdot \text{m}^2)$$

$J_L$  : 馬達軸換算的負載慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $J_w$  : 負載慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $J_1$  : 馬達側齒輪慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $J_2$  : 負載側齒輪慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $Z_1$  : 馬達側齒輪的齒數  
 $Z_2$  : 負載側齒輪的齒數  
 齒輪比  $G = Z_1 / Z_2$

### ●馬達軸換算的扭力和有效轉矩的計算

利用所算出的馬達軸換算負載慣性與馬達旋轉慣性，從加諸於負載的外力與摩擦力計算加速扭力的負載扭力，以計算馬達動作所需的合成扭力。

#### • 加速扭力

$$T_A = \frac{2\pi N}{60 t_A} \left( J_M + \frac{J_L}{\eta} \right) \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

$T_A$  : 加減速扭力(N·m)  
 $J_L$  : 馬達軸換算的負載慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $J_M$  : 馬達本身的慣性(kg·m<sup>2</sup>)  
 $\eta$  : 齒輪傳動效能  
 $N$  : 馬達運轉數(r/min)

#### • 馬達軸換算負載扭力(外力·摩擦)

$$T_w = F \cdot \frac{D}{2} \times 10^{-3} \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

$F$  : 外力(N)  
 $D$  : 直徑(mm)  
 $T_w$  : 外力所產生的扭力(N·m)

(摩擦力為一般)  
 $F = \mu W$      $\mu$  : 摩擦係數  
 $W$  : 運動部位的質量

$$T_L = T_w \cdot \frac{G}{\eta} \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

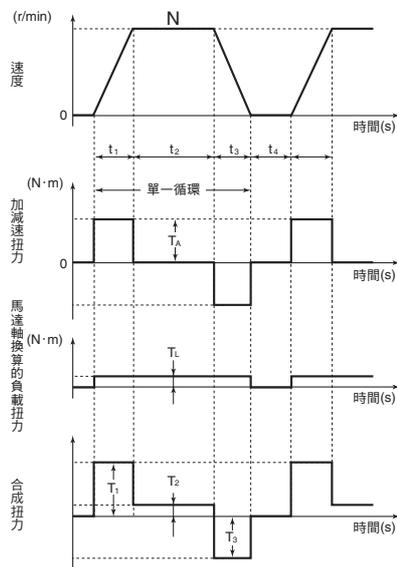
$T_L$  : 馬達軸換算的負載扭力(N·m)  
 $T_w$  : 負載扭力(N·m)  
 $Z_1$  : 馬達側齒輪的齒數  
 $Z_2$  : 負載側齒輪的齒數  
 齒輪(減速)比  $G = Z_1 / Z_2$

### • 合成扭力和有效轉矩的計算

有效轉矩： $T_{RMS} (N \cdot m)$

$$= \sqrt{\frac{\sum (T_i)^2 \cdot t_i}{\sum t_i}} = \sqrt{\frac{T_1^2 \cdot t_1 + T_2^2 \cdot t_2 + T_3^2 \cdot t_3 + T_4^2 \cdot t_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}}$$

最大轉矩： $T_{MAX} = T_1 = T_A + T_L$



※利用伺服馬達的馬達選擇軟體，來進行以上的馬達軸換算慣性以及有效轉矩・最大扭力的計算。請使用。

### ● 馬達的選擇

從以上的計算結果來使用以下的計算公式，再用有效轉矩和最大扭力來計算馬達容量。

請於這2項計算出的容量中選擇較大的來做為馬達容量。

選擇馬達時，請設定為高於所計算的容量，並且針對誤差部分的容量留有餘量。

#### • 和有效轉矩相當的馬達容量

$$\text{馬達容量[kW]} = 1.048 \cdot N \cdot T_{RMS} \cdot 10^{-4}$$

N：最大運轉數(r/min)

#### • 能供給最大扭力的馬達容量

$$\text{馬達容量[kW]} = 1.048 \cdot N \cdot T_{MAX} \cdot 10^{-4} / 1.5$$

N：最大運轉數(r/min)

## 變頻器容量的選擇

請依照「馬達的選擇」結果所選的馬達，來選擇其可使用的變頻器。

原則上請依照已選的馬達容量，來選擇符合其最大適用馬達容量的變頻器。

選擇變頻器後，請確認符合以下的項目，若有未符合的項目請選擇容量更大一級的變頻器後再次做確認。

### 額定馬達電流 ≤ 變頻器額定輸出電流 應用程式上的連續最大扭力輸出時間 ≤ 1分鐘

※ 請確認變頻器過負載耐量在「額定輸出電流的120%，1分鐘內」的情況下為0.8分鐘。

※ 使用0Hz範圍無感向量控制時，或者以旋轉數0 (r/min)保持扭力下需要頻繁使用額定150%以上的扭力時，請使用比變頻器選擇結果還要大一級的變頻器。

## 制動電阻選擇的概要

### ■制動電阻的必要性

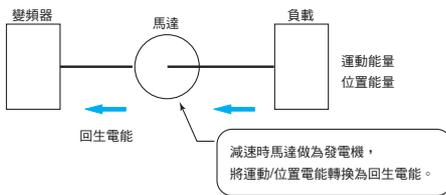
若應用程式上減速時或下降時所產生的回生電能過大，變頻器內部電路的主迴路電壓會上昇而可能導致破損。

一般的變頻器由於內建過電壓LAD停止功能，因此檢測出過電壓後會停止而不至於導致破損。然而由於檢測出異常後馬達會停止運轉，因此很難做到穩定的連續運轉。

需使用制動電阻/回生制動模組，將此回生電能釋放出變頻器的外部。

### ●所謂的回生電能……

連接馬達的負載在運轉的情況下，其運轉電能若於較高的位置則具有位置電能。馬達減速或負載降低時，該電能將回到變頻器。該現象稱為回生，其所產生的電能稱為回生電能。



### ●避開制動電阻的方法

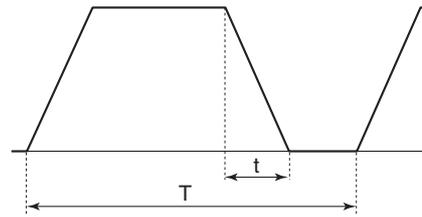
以下的方法可避開制動電阻的連接。

做為避開的方法，首先須增加減速時間，因此請確認減速時間增加也不會導致任何問題。

- 減速時將失速防止機能設為有效(預設值為有效)  
(為避免發生過電壓停止，將自動增加減速時間。)
- 將減速時間設長一點。(每個單位時間的回生電能將會減少。)
- 選擇自由運轉停止。(回生電能將無法回歸變頻器。)

### ■制動電阻的簡易選擇方式

於一般動作模式中，從回生電能產生的時間比例來簡單設定的方法。請如以下所述，從動作模式來計算使用率。



$$\text{使用率} = t / T \times 100 (\%ED)$$

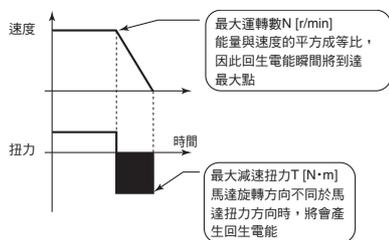
t : 減速時間(回生時間)

T : 1周期運轉的時間

### ■制動電阻的簡易選擇方式

上一頁的制動電阻的簡易選擇下，若超過使用率10%ED時，或者需要極大的制動轉矩時，請利用以下的選擇方法來計算回生電能並依照選擇方法來選擇。

#### ●所需的制動阻抗的計算



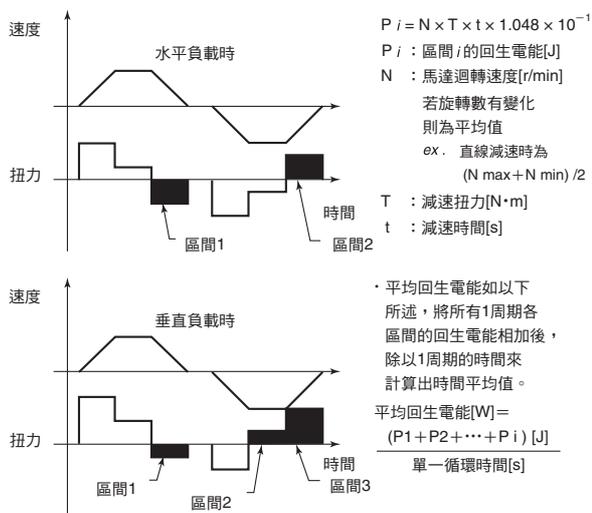
$$R \leq \frac{V^2}{1.048 \times (T - 0.2 \times T_m) \times N \times 10^{-1}}$$

- V : 200V級變頻器 385 [V]  
400V級變頻器 760 [V]
- T : 最大制動轉矩[N·m]
- T<sub>m</sub> : 額定馬達轉矩[N·m]
- N : 最大運轉數[r/min]

※ 制動轉矩的計算請依照記載於變頻器容量選擇中的馬達容量選擇。

#### ●平均回生電能的計算

回生電能產生於馬達旋轉方向與扭力方向相反時。利用以下算式來計算1周期各區間的回生電能。



※ 速度的正旋轉方向顯示為正、扭力的正旋轉方向顯示為正。  
 ※ 制動轉矩的計算請依照記載於變頻器容量選擇中的馬達容量選擇。

#### ●馬達的選擇

請從左側記載的所需的制動阻抗與平均回生電能來選擇制動電阻。

- 所需的制動阻抗  $\geq$  制動電阻的阻抗  $\geq$  變頻器或回生制動模組的最小連接阻抗
- 平均回生電能  $\leq$  制動電阻的容許電力

※ 若連接的阻抗小於變頻器或回生制動模組的最小連接阻抗，將導致內部的控制電晶體破損。若所需的制動阻抗小於最小連接阻抗，需將變頻器的容量加大，並改為具備小於所需之制動阻抗的最小連接阻抗的變頻器或回生制動模組。

※ 若為回生制動模組，可做2台以上的同時運轉。2台以上運轉時的制動阻抗如下算式所述。  
 制動阻抗(Ω) = (以上所算出的所需的制動阻抗) × (使用台數)

※ 制動阻抗請勿用以上的計算結果來選擇。150W的顯示非指許可電力，而是指阻抗單位的最大額定功率。實際的許可電力於每個阻抗均不相同。