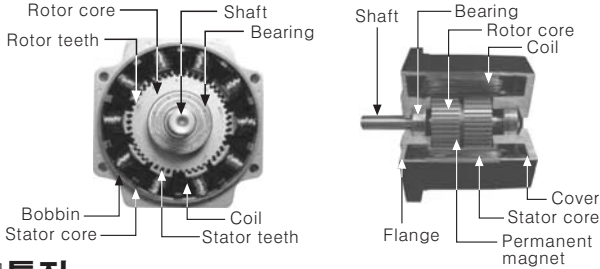


## ■개요

Stepping Motor는 Pulse를 입력 받아 정해진 기계적 각도로 회전하는 Digital 제어가 가능한 고정도 위치 결정용 Motor입니다. 회전각도와 속도를 정밀하게 제어할 수 있으며, 이에 적합한 많은 용도에 사용되고 있습니다. 자사에서는 Stepping Motor 중에서도 특히 고정도, 고 Torque의 고특성을 가지는 하이브리드형 Stepping Motor를 상품화하여, FA 분야에서부터 OA 분야에 이르기까지 폭 넓은 분야에 이용할 수 있도록 하였습니다. 그리고, Stepping Motor의 성능을 최대한 이용할 수 있도록 전용 구동Driver인 MD5/MD2U series와 전용 Controller인 PMC series를 갖추고 있습니다.



## ■특징

◎편리하게 회전 각도 및 속도를 제어할 수 있습니다.

Stepping Motor는 인가되는 Pulse(Digital) 신호에 의해 정해진 기계적 각도로 회전하는 Motor 이므로, 전기적인 Pulse(Digital) 신호를 제어하여 간단하게 회전각도 및 회전속도를 제어할 수 있습니다.

◎고Torque, 고응답성 Motor 입니다.

하이브리드형 Stepping Motor는 소형 경량이면서 큰 Torque를 얻을 수 있고, 자체 정지력과 자기동 Torque가 있으므로 가속성이 뛰어나 신속하면서도 정확하게 기동, 정지, 정·역회전이 가능합니다.

◎고분해능, 고정도 위치제어가 가능합니다.

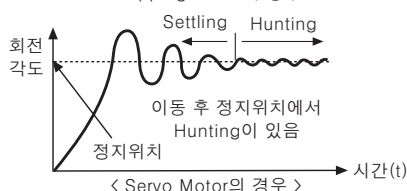
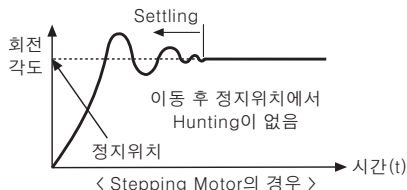
자사에서 생산, 판매하고 있는 5상 하이브리드형 Stepping Motor는 1 Pulse당 0.72° 씩 회전하며, Micro step 구동 Driver를 사용하여 250분할로 사용할 경우 1Pulse당 0.00288° 씩 회전이 가능한 고분해능 Motor 입니다. 그리고, 0.72°/Pulse로 구동시 ±3분(±0.05° 무 부하시)이내의 고정도로 정지합니다.

◎자체 유지력이 있습니다.

하이브리드형 Stepping Motor는 전원이 투입된 상태에서 정지하고 있을 시 큰 유지력(Holding Torque)을 가지고 있습니다. 따라서 기계적인 Brake나 제어신호에 의지하지 않고 정지위치를 유지할 수 있습니다.

◎정지시 Settling 시간이 짧고, Hunting 현상이 없습니다.

Motor가 회전운동을 하다가 정지위치에 도달하여 정지할 때 부하의 관성과 Motor 회전자의 관성에 의해 Motor축이 정·역회전을 하다가 멈추는 Settling 시간이 짧고, 정지위치를 유지할때 Motor 축이 미세하게 정·역회전을 하며 정지하고 있는 Hunting 현상이 없습니다.

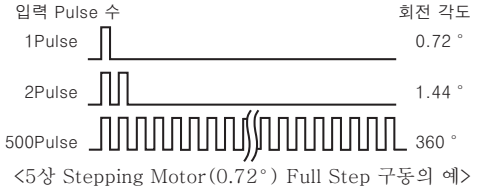


## ■Stepping Motor의 사용법

◎Stepping Motor는 회전각도 및 회전속도를 다음의 그림과 같이 입력되는 Pulse 수 및 Pulse 속도로 간단하게 제어할 수 있습니다.

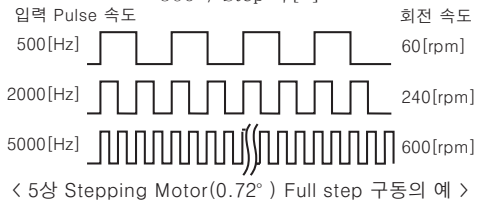
### ●회전 각도 제어

$$\text{회전 각도} [^\circ] = \text{Step 각} [^\circ] \times \text{Pulse 수}$$



### ●회전 속도 제어

$$\text{회전 속도} [\text{rpm}] = \frac{\text{Pulse 속도} [\text{Hz}]}{360^\circ / \text{Step 각} [^\circ]} \times 60 [\text{Sec}]$$



◎Stepping Motor를 구동하기 위해서는 전용 구동기기인 Driver와 이를 제어하는 전용 Controller가 필요합니다. 자사는 이러한 전용 Driver와 전용 Controller를 갖추고 있습니다.

### ●Stepping motor

소비자의 사용 용도에 적합하도록 당사에서는 여러 종류의 Stepping motor를 갖추고 있습니다.



### ●Driver

Stepping Motor를 구동하기 위한 전용 구동기기이며, Motor의 상(Phase) 순서에 맞게 Motor에 전력을 공급합니다. 자사에서는 5상 Stepping Motor 전용 Driver를 갖추고 있습니다.

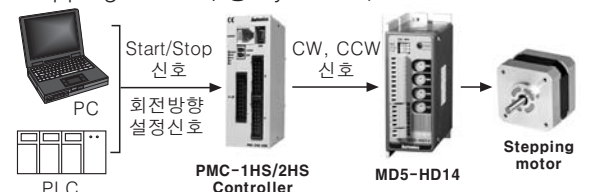


### ●Controller

Stepping Motor의 회전각도, 회전속도 등을 제어하는 기기로서 자사에서는 전용 컨트롤러를 갖추고 있습니다.



### ●Stepping Motor 구동 System 예



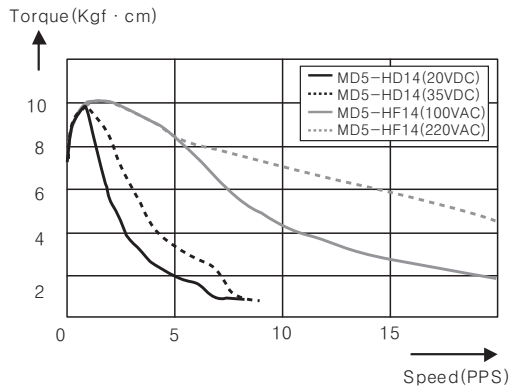
(A)	포토센서
(B)	광화이버 센서
(C)	도어센서/에리어센서
(D)	근접센서
(E)	압력센서
(F)	로터리 엔코더
(G)	커넥터/소켓
(H)	온도조절기
(I)	SSR/전력조정기
(J)	카운터
(K)	타이머
(L)	판넬메타
(M)	타코/스피드/펄스메타
(N)	디스플레이 유닛
(O)	센서 컨트롤러
(P)	스위칭파워 서플라이
(Q)	스테핑모터 & 드라이버 & 컨트롤러
(R)	그래픽패널/로직패널
(S)	필드 네트워크 기기
(T)	소프트웨어
(U)	기타

## ■ 마이크로 스텝(Micro-Step) 기능이란?

Stepping Motor의 특성상 저속영역에서의 공진, 소음 문제가 발생할 수 있습니다. 마이크로 스텝기능은 이러한 공진, 소음을 효과적으로 저감시키고, Coil에 흐르는 전류를 제어하여 Motor의 기본 Step각을 세분화하므로 정밀한 각도제어에 효과적입니다.

- 초저속 / 초저진동 / 저소음운전을 실현
- 기본 스텝각을 최대 250분할( $0.72^\circ \sim 0.00288^\circ$ )까지 세분화

## ■ DC 드라이버 vs AC 드라이버



DC 드라이버
● DC20~35V
● 상대적으로 토크 특성이 떨어짐.
● 회로구성이 간단함.
● 저가

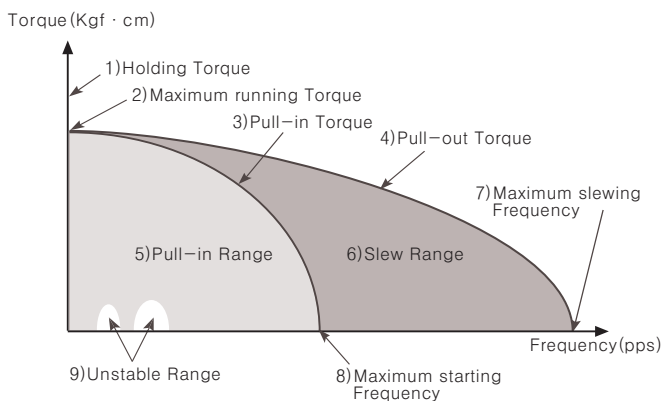
VS

AC 드라이버
● AC100~220V
● 저속영역에서 고속영역까지 토크 특성이 뛰어남.
● DC-AC 변환회로 추가로 회로가 상대적으로 복잡함.
● 고가

### ◎특징

- AC 전원의 경우 DC 전원에 비해 고속으로 갈수록 토크 특성이 좋습니다.
  - 동일 드라이버에서도 전원전압이 높을수록 토크 특성이 향상됩니다.
- 단, 전원전압이 높을수록 발열이 심하므로 이에 대한 대책 수립 후 사용해 주십시오.

## ■ 용어정리



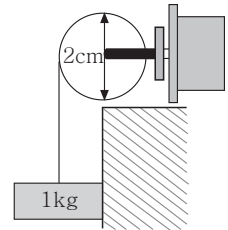
## ●Torque

물체에 작용하여 물체를 회전시키는 원인이 되는 물리량으로서 비틀림 모멘트라고도 합니다.

※단위는 N · m 또는 kgf · cm를 사용합니다.

( 1 N · m = 10.1972 kgf · cm)

※1kgf · cm : 우측의 그림과 같이 반경이 1cm인 회전체에 1kg의 중량이 가해진 경우 이 회전체를 회전시키기 위해 필요한 Torque를 나타냅니다.



- 1) ~ 6)번은 Driver의 성능에 영향을 받는다.

### 1)Holding Torque(최대 여자 정지 Torque)

Stepping Motor에 정격전류를 인가한 상태에서 정지 상태를 유지하는 최대 Torque입니다.

일반적으로 Stepping Motor의 용량을 지칭하는 단위로 사용됩니다.

### 2)Maximum running Torque(최대 기동 Torque)

Stepping Motor가 저속(10pps)일 때 기동하는 최대 Torque입니다.

### 3)Pull-in Torque(인입 Torque)

Stepping Motor가 최대 자기동 주파수 내에서 탈조 없이 기동할 수 있는 최대 Torque입니다.

### 4)Pull-out Torque(최대 탈조 Torque)

Stepping Motor가 최대 자기동 영역에서 기동하여 탈조 없이 구동할 수 있는 최대 Torque입니다.

### 5)Pull-in Range(최대 자기동 영역)

Stepping Motor가 자기동 주파수에서 탈조 없이 기동할 수 있는 최대 Torque의 범위를 나타냅니다.

### 6)Slew Range(Pull-out 영역)

Stepping Motor가 최대 자기동 영역에서 기동하여 탈조 없이 구동할 수 있는 최대 Torque범위를 나타냅니다.

### 7)Maximum slewing Frequency[최대 응답(구동) 주파수]

Stepping Motor를 최대 자기동 주파수 이내의 주파수에서 기동시켜 입력 주파수를 증가시킬 때, Motor가 동기를 잃지 않고 회전할 수 있는 최대 주파수입니다.

### 8)Maximum starting Frequency(최대 자기동 주파수)

Stepping Motor의 기동, 정지, 정 · 역 회전이 가능한 최대 주파수입니다.

최대 자기동 주파수 보다 높은 속도로 구동시키고자 할 때는 최대 자기동 주파수보다 낮은 주파수에서 기동하여 가감속운전을 실시해야 합니다.

### 9)Unstable Range

저속 영역에서 공진이 발생할수 있는 구간입니다. 공진 구간에 대한 대책 수립 후 운전하여 주십시오.

## ■진단 및 대처방안

### 1) 공진

Stepping Motor는 특정주파수 구간에서 공진현상으로 인한 진동 및 소음이 발생할 수 있으므로 이 구간에 대한 대책을 수립 후 운전하는 것이 좋습니다.

●5상 Stepping Motor 드라이버 공진영역 : 약 300~500pps

●2상 Stepping Motor 드라이버 공진영역 : 약 200pps

### ◎진동특성의 개선방법

- ① 구동전류의 조정
- ② 사용속도대역 변경
- ③ 마이크로 스텝(Micro-step)기능 사용
- ④ 감속기구(Geared Type) 사용
- ⑤ DAMPER 사용
- ⑥ 방진고무 사용
- ⑦ 탄성 커플링 사용

### 2) 발열

정격성능 대비 높은 전원전압, 모터 정격전류보다 높은 운전전류 설정, 운전시간 대비 정지시간이 짧은 연속기동 등 무리한 기동으로 인해 발열이 발생할 수 있습니다.

### ◎발열특성의 개선방법

- ① 운전전류 조정
- ② 운전DUTY비 조정  
: 운전시간대비 정지시간을 길게 조정
- ③ 방열판의 부착
- ④ 자동 Current Down, HOLD OFF기능 사용
- ⑤ FAN을 통한 강제 냉각

### 3) 탈조

Stepping Motor가 입력 Pulse의 주파수에 비례하는 속도로 회전하지 못하거나 멈추는 현상을 말합니다.

탈조의 원인	탈조에 대한 대책
모터의 고장	모터를 교체한다
급격한 가속	속도를 낮추거나, 가속시간을 길게 한다
부하의 Motor Torque 용량 초과	Torque용량이 큰 모터나 Geared Motor로 교체한다
기동속도를 최대 자기동 주파수보다 높게 설정	자기동 주파수 영역 내에서 기동한다(모터의 특성도 참조)
입력전류를 낮게 설정	입력전류를 상승시킨다

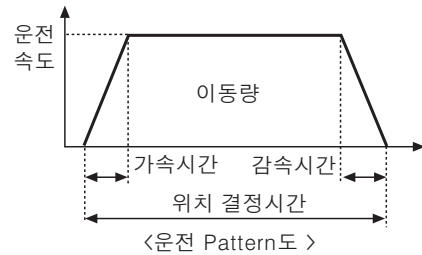
## ■Stepping Motor 선정 시 부하 계산방법

선정순서 중에서 계산을 필요로 하는 항목의 계산 방식을 자세히 기술하였습니다.

실제 계산에 있어 기계적으로 주어지는 계수의 확인이 불가능한 경우가 다수이므로 이를 무시하고 간략하게 계산하는 방식도 기술하였습니다.

### ◎운전 Pattern의 결정

Motor를 사용하는 기기에서 구동기구의 동작을 Motor의 회전 동작으로 전환하여 그림으로 나타낸 것을 운전 Pattern도라 합니다. 운전 Pattern도는 Motor의 기동 속도, 가·감속 시간, 운전속도, 위치 결정시간에 의해 그림과 같이 결정되어 집니다. Motor의 선정은 운전 Pattern도를 기초로 하여 계산합니다.



### ●필요 Pulse 수의 계산

필요 Pulse 수란 반송기구에서 반송물을 원점에서 요구되는 지점까지 이동하기 위해 Stepping Motor Driver에 입력되어야 하는 Pulse의 신호수를 나타낸 것입니다. 필요 Pulse 수는 다음과 같은 수식에 의해 계산됩니다.

$$\text{필요 Pulse 수} = \frac{\text{반송물 이동거리}}{\text{Motor 1회전 당 이동거리}} \times \frac{360^\circ}{\text{Step 각}}$$

### ●운전 Pulse 속도의 계산

운전 Pulse 속도는 Motor가 정해진 위치 결정시간 내에 반송물을 이동하기 위해서 필요로 하는 회전 Pulse의 속도를 나타낸 것입니다.

운전 Pulse 속도는 필요 Pulse 수와 위치 결정시간, 가·감속 시간에 의해 계산되어 집니다.

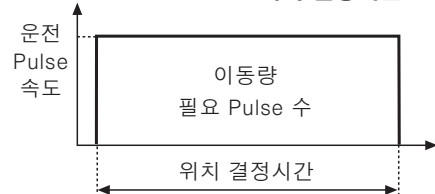
#### 1) 자기동 운전의 경우

Motor의 구동에 있어 가·감속 없이 운전 Pulse 속도로 기동하여 위치 결정시간 동안 필요 Pulse 수 만큼 회전하고 정지하는 운전 방법을 자기동 운전이라고 합니다. 자기동 운전의 경우 Motor를 저속으로 운전하는 경우 사용하는 운전방법입니다.

또한, 급격한 속도 변화를 요구하는 구동방식이므로 매우 큰 가·감속 Torque가 필요합니다.

자기동 운전의 운전 Pulse 속도는 다음의 수식으로 계산됩니다.

$$\text{운전 Pulse 속도[Hz]} = \frac{\text{필요 Pulse 수 [Pulse]}}{\text{위치 결정시간 [sec]}}$$



#### 2) 가·감속 운전의 경우

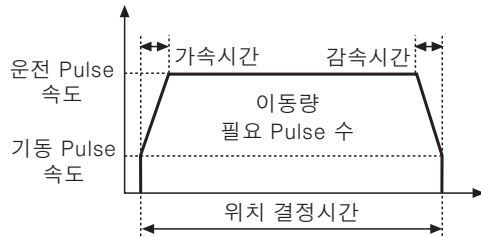
Motor의 구동에 있어 가속시간 동안 기동 Pulse 속도로 기동하여 운전 Pulse 속도로 운전한 후 감속시간 동안 기동 Pulse 속도로 감속하여 정지하는 운전방법을 가, 감속 운전이라 합니다. 기동 Pulse 속도는 반송물의 기동 시 속도로서 직접 산출하여야 합니다.

가·감속 시간은 반송거리 및 반송속도, 위치, 결정시간에 따라 적절하게 설정하여야 합니다. 가·감속 운전의 경우 속도의 변화가 완만하므로 자기동 운전에 비해 적은 가·감속 Torque가 필요합니다.

가·감속 운전의 운전 Pulse 속도는 다음의 수식으로 계산됩니다.

$$\begin{aligned} \text{운전 Pulse 속도[Hz]} &= \frac{\text{필요 Pulse 수} - \text{기동 Pulse 속도 [Hz]} \times \text{가·감속 시간[sec]}}{\text{위치 결정시간 [sec]} - \text{가·감속 시간 [sec]}} \end{aligned}$$

(A)	포토센서
(B)	광화이버 센서
(C)	도어센서/엘리어센서
(D)	근접센서
(E)	압력센서
(F)	로터리 엔코더
(G)	커넥터/소켓
(H)	온도조절기
(I)	SSR/전력조정기
(J)	카운터
(K)	타이머
(L)	팬넬메타
(M)	타코/스피드/펄스메타
(N)	디스플레이 유닛
(O)	센서 컨트롤러
(P)	스위칭파워 서플라이
(Q)	스테핑모터 & 드라이버 & 컨트롤러
(R)	그래픽패널/로직패널
(S)	필드 네트워크 기기
(T)	소프트웨어
(U)	기타



<가·감속 운전의 운전 Pattern 도>

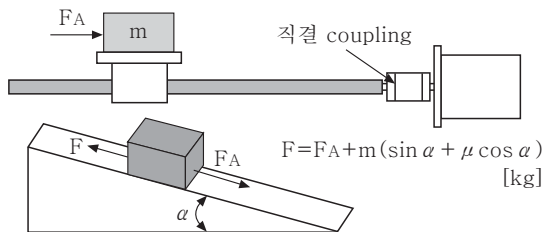
## ◎Motor의 필요 Torque 간략한 계산

Motor의 필요 Torque는 부하 Torque와 가·감속 Torque의 합과 이에 안전을 고려하는 안전율을 곱한 값으로 계산되어 집니다.

### ●부하 Torque(T<sub>L</sub>)의 계산

부하 Torque는 반송기구의 접촉부의 마찰력을 지칭하는 것이며, 이는 Motor가 구동하고 있을 때 항상 필요 Torque입니다. 부하 Torque는 반송기구의 종류와 반송물의 질량에 따라 크게 변화 합니다. 반송기구의 종류에 따른 부하 Torque를 계산하는 방식은 아래와 같으며, 계산에 있어 기계적 계수의 확인이 불가능한 경우가 많으므로 이를 고려하지 않은 간략화 한 계산 방식을 제안 합니다. 부하 Torque의 계산은 아래의 그림과 수식을 참고하여 계산할 수 있습니다.

#### 1) Ball-Screw 구동



※부하 Torque의 계산식

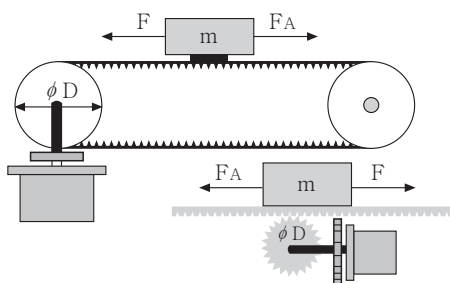
$$T_L = \left( \frac{F \cdot P_B}{2\pi\eta} + \frac{\mu_0 F_0 P_B}{2\pi} \right) \times \frac{1}{i} \quad [\text{kgf} \cdot \text{cm}]$$

※간략화한 부하 Torque의 계산식

$$T_L = \frac{m \cdot P_B}{2\pi\eta} \times \frac{1}{i} \quad [\text{kgf} \cdot \text{cm}] \quad (\text{수평부하})$$

$$T_L = \frac{m \cdot P_B}{2\pi\eta} \times \frac{1}{i} \times 2 \quad [\text{kgf} \cdot \text{cm}] \quad (\text{수직부하})$$

#### 2) Wire·Belt/Rack·Pinion 구동



※부하 Torque의 계산식

$$T_L = \frac{F}{2\pi\eta} \times \frac{\pi D}{i} = \frac{FD}{2\eta i} \quad [\text{kgf} \cdot \text{cm}]$$

$$F = F_A + m(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \quad [\text{kg}]$$

※간략화한 부하 Torque의 계산식

$$T_L = \frac{D}{2} \times m \times \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{i} \quad [\text{kgf} \cdot \text{cm}] \quad (\text{수평부하})$$

$$T_L = \frac{D}{2} \times m \times \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{i} \times 2 \quad [\text{kgf} \cdot \text{cm}] \quad (\text{수직부하})$$

#### 3) Pulley 구동

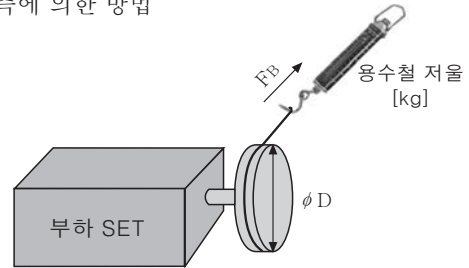
※부하 Torque의 계산식

$$T_L = \frac{\mu F_A + m}{2\pi} \times \frac{\pi D}{i} = \frac{(\mu F_A + m)D}{2i} \quad [\text{kgf} \cdot \text{cm}]$$

※간략화한 부하 Torque의 계산식

$$T_L = \frac{D}{2} \times m \times \frac{1}{i} \quad [\text{kgf} \cdot \text{cm}]$$

#### 4) 실측에 의한 방법



실제 부하 Set에 그림과 같이 Pulley와 용수철 저울을 이용하여 용수철 저울을 서서히 끌어 당겨 Pulley가 회전하는 시점의 용수철 저울의 눈금을 읽어 부하 Torque를 측정하는 방법으로 계산에 의한 방식보다 정확한 부하 Torque를 구할 수 있는 방법입니다. 용수철 저울로 측정한 값(힘)은 아래의 수식으로 부하 Torque를 계산할 수 있습니다.

$$T_L = \frac{F_B D}{2} \quad [\text{kgf} \cdot \text{cm}]$$

[범례]

F : 축 방향 하중 [kg]      F<sub>0</sub> : 예압 하중 [kg] (≧ 1/3 F)  
η : 효율 (0.85~0.95)      i : 감속비  
F<sub>A</sub> : 외력 [kg]      m : work와 table의 총 무게 [kg]  
μ : 접동면의 마찰계수      α : 경사 각도 [°]  
μ<sub>0</sub> : 예압 NUT의 내부 마찰 계수 (0.1~0.3)  
P<sub>B</sub> : Ball-screw pitch [cm/rev]  
F<sub>B</sub> : 주축이 회전하기 시작할 때의 힘 [kg]  
D : 마지막 단 Pulley의 지름 [cm]

### ●가·감속 Torque(T<sub>a</sub>)의 계산

가·감속 Torque는 Motor에 연결된 반송기구를 가속 하거나 감속할 때 필요한 Torque를 지칭하는 것입니다. 반송기구의 부하 관성 Moment의 크기와 가·감속 시간에 따라 크게 변화 합니다. 따라서, 자기동 운전을 하는 경우와 가·감속 운전을 하는 경우 큰 차이를 가집니다. 가·감속 Torque는 다음의 수식을 이용하여 계산이 가능합니다.

※자기동 운전의 경우(큰 가·감속 Torque가 필요합니다.)

가·감속 Torque[kgf·cm] =

$$\frac{\text{회전자 관성 Moment}[\text{kg} \cdot \text{m}^2] + \text{부하 관성 Moment}[\text{kg} \cdot \text{m}^2]}{\text{중력 가속도}[\text{cm/sec}^2]} \times \frac{\pi \times \text{Step 각} [^\circ] \times \text{운전 주파수} [\text{Hz}]}{180 \times 3.6 / \text{Step 각} [^\circ]}$$

※가·감속 운전의 경우

가·감속 Torque[kgf·cm] =

$$\frac{\text{회전자 관성 Moment}[\text{kg} \cdot \text{m}^2] + \text{부하 관성 Moment}[\text{kg} \cdot \text{m}^2]}{\text{중력 가속도}[\text{cm/sec}^2]} \times \frac{\pi \times \text{Step 각} [^\circ]}{180^\circ} \times \frac{\text{운전주파수} [\text{Hz}] - \text{기동주파수} [\text{Hz}]}{\text{가·감속 시간} [\text{sec}]}$$



## Motor 선정 시 계산예제

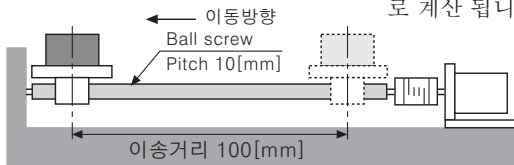
◎필요 Pulse 수와 운전 Pulse 속도 계산 예  
필요 Pulse 수와 운전 Pulse 속도 계산의 이해를 돕기 위해 다음과 같이 5상 Stepping Motor를 이용한 실제 계산 예입니다.

### ●Ball-Screw구동의 경우

그림과 같은 조건의 반송물을 5상 Stepping Motor (0.72° /step)를 이용하여 1초 동안 반송하고자 할 때 필요 Pulse 수와 운전 Pulse 속도를 계산한다면 필요 Pulse 수 계산 수식에 의거

$$\begin{aligned} \text{필요 Pulse 수} &= \frac{\text{원하는 이송거리}}{\text{1회전시 이송거리}} \times \frac{1\text{회전}(360^\circ)}{1\text{펄스당 회전각}} \\ &= \frac{100}{10} \times \frac{360^\circ}{0.72^\circ} = 5,000 [\text{Pulse}] \end{aligned}$$

로 계산 됩니다.

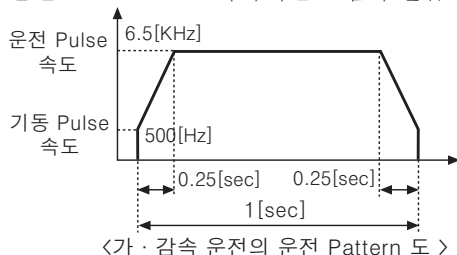


만약 1초 동안 자기동 운전을 한다면, 운전 Pulse속도는 수식에 의해 5,000[Pulse]/1[sec]=5[kHz]가 되지만 Stepping Motor는 5[kHz]에서는 자기동이 불가능합니다. 따라서 가·감속으로 운전하여야 합니다.

가·감속 시간을 위치결정시간의 25%로 설정하고 기동 Pulse속도를 500[Hz]로 하여 계산한다면, 수식에 의해

$$\begin{aligned} \text{운전 Pulse 속도} [\text{Hz}] &= \frac{5,000 [\text{Pulse}] - 500 [\text{Hz}] \times 0.25 [\text{sec}]}{1 [\text{sec}] - 0.25 [\text{sec}]} \\ &= 6.5 [\text{kHz}] \text{로 계산 됩니다.} \end{aligned}$$

이를 운전 Pattern 도로 나타내면 그림과 같습니다.



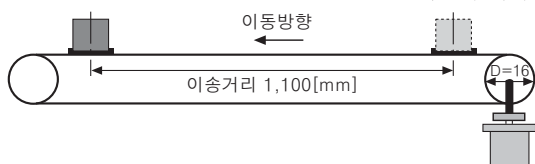
<가·감속 운전의 운전 Pattern 도>

### ●Timing Belt 구동의 경우

그림과 같은 조건의 반송물을 5상 Stepping Motor (0.72° / Step)를 이용하여 1초 동안 반송하고자 할 때 필요 Pulse 수와 운전 Pulse 속도를 계산한다면 Motor 1회전 당 이동거리는 Pulley의 원주이므로  $2\pi r$ 로 계산하면 약 50[mm]가 됩니다.

Motor의 1회전 당 이동거리가 50[mm]이므로 Motor의 필요 Pulse수는 수식에 의해

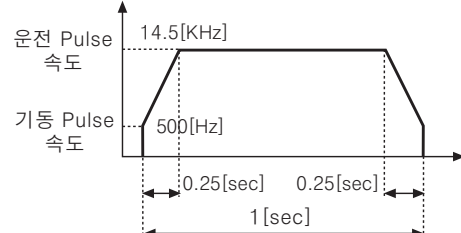
$$\text{필요 Pulse 수} = \frac{1,100}{50} \times \frac{360^\circ}{0.72^\circ} = 11,000 [\text{Pulse}] \text{로 계산 됩니다.}$$



Ball-Screw 구동의 예와 같이 가·감속하여 운전하면 운전 Pulse 속도는 계산 수식에 의해

$$\begin{aligned} \text{운전 Pulse 속도} [\text{Hz}] &= \frac{11,000 [\text{Pulse}] - 500 [\text{Hz}] \times 0.25 [\text{sec}]}{1 [\text{sec}] - 0.25 [\text{sec}]} \\ &= 14.5 [\text{kHz}] \text{로 계산 됩니다.} \end{aligned}$$

이를 운전 Pattern 도로 나타내면 그림과 같습니다.



<가·감속 운전의 운전 Pattern 도>

### ◎부하 Torque(TL)의 계산 예

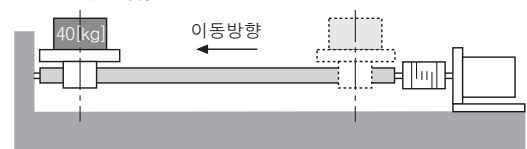
부하 Torque 계산의 이해를 돕기 위해 제안한 간략화된 수식을 이용하여 다음과 같이 5상 Stepping Motor를 이용한 실제 계산 예입니다.

### ●수평 부하구동에 Ball-Screw를 이용한 경우

그림과 같이 부하의 무게는 40[kg]이며, 효율이 90 [%], Pitch 10[mm]인 연마 Ball-Screw를 이용하여 반송물을 이송하고자 하는 경우 제안한 간략화된 수식

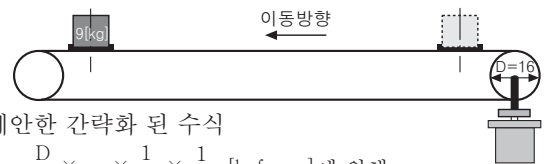
$$T_L = \frac{m \cdot P_B}{2\pi\eta} \times \frac{1}{i} [\text{kgf} \cdot \text{cm}] \text{에 의해}$$

$$T_L = \frac{40 [\text{kg}] \times 1 [\text{cm}]}{2\pi \times 0.9} \times \frac{1}{1} \approx 7.07 [\text{kgf} \cdot \text{cm}] \text{로 계산됩니다.}$$



### ●수평 부하구동에 Timing Belt를 이용한 경우

그림과 같이 부하의 무게는 9[kg]이며, Pulley의 지름이 16[mm], 효율이 90[%]인 Timing Belt를 이용하여 반송물을 이송하고자 하는 경우



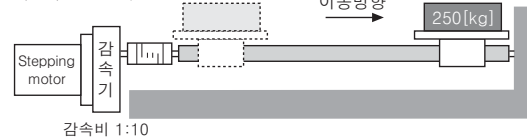
제안한 간략화된 수식

$$T_L = \frac{D}{2} \times m \times \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{i} [\text{kgf} \cdot \text{cm}] \text{에 의해}$$

$$T_L = \frac{1.6 [\text{cm}]}{2} \times 9 [\text{kg}] \times \frac{1}{0.9} \times \frac{1}{1} = 8 [\text{kgf} \cdot \text{cm}] \text{로 계산됩니다.}$$

### ●수평 부하구동에 감속기와 Ball-Screw를 이용한 경우

그림과 같이 부하의 무게 250[kg], 효율 90[%], Pitch 5[mm]인 Ball-Screw를 이용하여 반송물을 이송하고자 하는 경우



감속비 1:10

제안한 간략화된 수식

$$T_L = \frac{m \cdot P_B}{2\pi\eta} \times \frac{1}{i} [\text{kgf} \cdot \text{cm}] \text{에 의해}$$

$$T_L = \frac{250 [\text{kg}] \times 0.5 [\text{cm}]}{2\pi \times 0.9} \times \frac{1}{10} = 2.21 [\text{kgf} \cdot \text{cm}] \text{로 계산됩니다.}$$

계산된 결과는 수평부하의 경우 계산된 결과입니다. 만약 수직 부하에 적용할 경우 수평부하로 계산하여 계산된 값에 2배를 적용하면 수직부하의 부하 Torque가 됩니다. 본 계산결과는 부하 Torque만을 계산한 결과입니다. 실제 Motor의 필요 Torque는 가·감속 Torque값이 합산되어야 하지만 부하의 관성Moment 계산이 까다롭습니다. 이에 대한 어려움을 해소하기 위해 Motor의 필요 Torque는 계산된 부하 Torque에 자기동 운전이나 급격한 가·감속을 하는 경우 안전율을 크게 적용하여 계산하는 것이 용이합니다.

(A)	포토센서
(B)	광화이버 센서
(C)	도어센서/에리어센서
(D)	근접센서
(E)	압력센서
(F)	로터리 엔코더
(G)	커넥터/소켓
(H)	온도조절기
(I)	SSR/전력조정기
(J)	카운터
(K)	타이머
(L)	판넬메타
(M)	타코/스피드/펄스메타
(N)	디스플레이 유닛
(O)	센서 컨트롤러
(P)	스위치파워 서플라이
(Q)	스테핑모터 & 드라이버 & 컨트롤러
(R)	그래픽패널/로직패널
(S)	필드 네트워크 기기
(T)	소프트웨어
(U)	기타