

# Chapter 10 전기 구동기 (Electrical Actuator)

## 10.1 개요

전압 및 전류를 구동에너지로 함.  
회전형, 직선형 모터

정밀제어가 용이  
출력이 작음

구분;

DC, AC용

에너지 변환용- 정속회전

서보제어용 - 서보모터

스텝모터

## 10.2 Solenoid

### 1) Solenoid

### 2) Solenoid valve

### 10.3 Step Motor

스텝, 스테퍼, 스테핑 모타;

펄스에 의한 디지털 제어, 센서 없이 사용- 개회로(open loop) 제어

#### 1) 스테핑 모타의 구조 및 원리

PM (Permanent Margnet) 형

회전자(armature) 가 영구자석으로 구성

유지토크 (holding torque)가 있음.

소형, 구조가 간단.

VR (Variable Reluctance) 형

회전자가 강자성체(철심 등)

유지토크가 없음. 회전자가 가벼워서 고속회전 가능

HB (Hybrid) 형

회전자가 자극을 띤 영구자석 주위에 작은 이를 갖는 자성체로 구성

고정도, 소스텝각, 고평토크

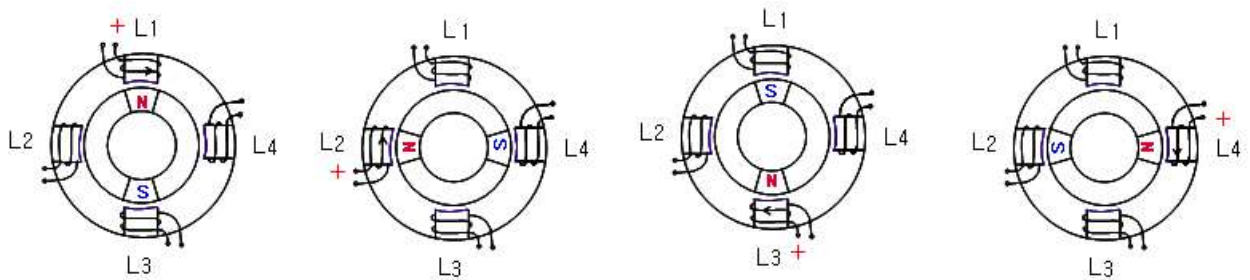
$$\theta_s = 360^\circ / (2N_s \phi)$$

$\theta_s$ : 스텝각

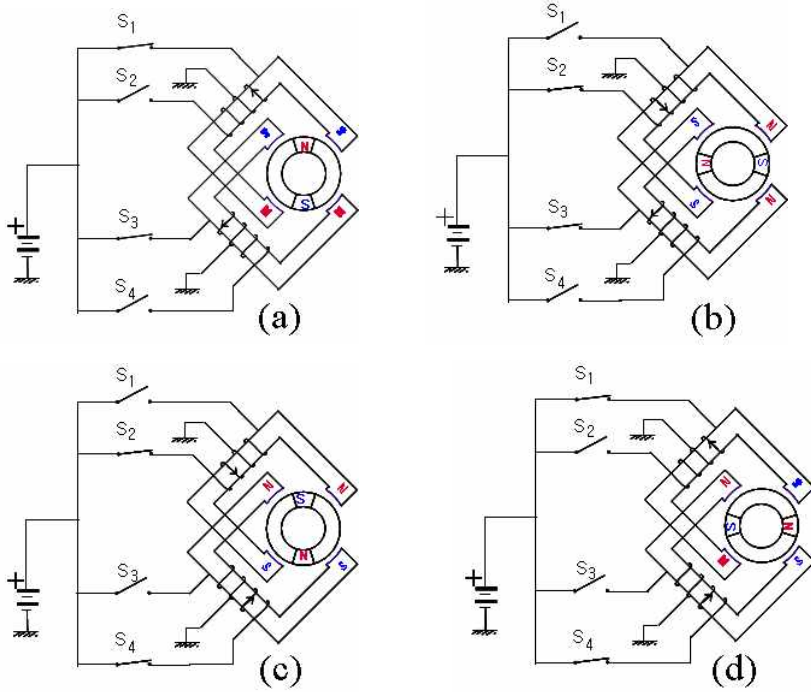
$N_s$ : 회전자의 잇수

$\phi$  ; 상수

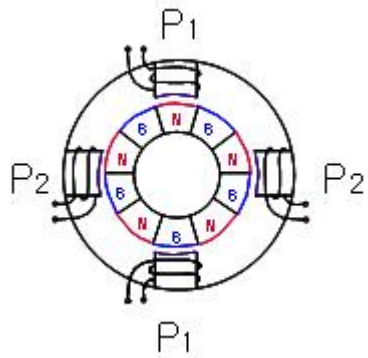
\* 4 상 uifilar 1극 step motor



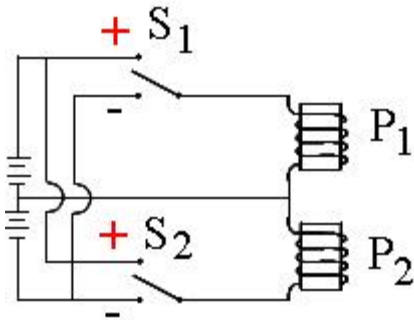
\* 4 상 bifilar 1극 step motor



\* 2상 unifilar HB type



\* 2상 unifilar 방식 step motor의 구동방법



\* 자화방식

1상자화

2상자화

1-2상 자화

## 2) 스텝핑 모터의 특성

각도 토크 특성

속도 토크 특성

스텝동작 특성

## 10.4 연속 회전 모터 개요

\* 제어용 (서보) 모터

위치, 속도, 가속도 또는 토크를 제어

- DC서보 모터;
- AC서보 모터;

## 10.5 DC motor

1) 개요

수십 W ~ 수 KW

입력전압 또는 전류조정으로 회전 속도 조정

고속에서 브러시의 정류능력이 떨어짐  
회전자에 코일이 있으므로 방열성이 불량  
유지보수 필요-브러시 교환 청소

2) 구조와 원리

\* 단위길이의 전류에 작용하는 힘

$$F_0 = I \times B \text{ [N/m]}$$

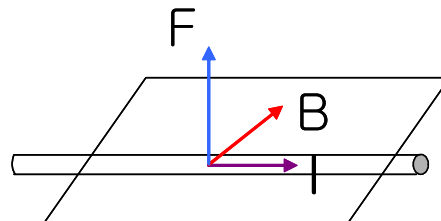
$F_0$ : 단위 길이 도체에 작용하는 힘

$I$ : 전류의 세기

$B$ : 자계의 자속밀도

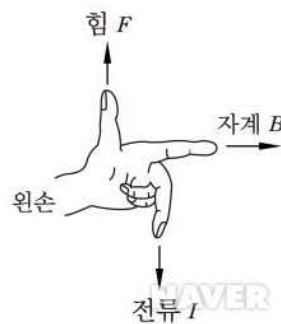
길이가  $l$  인 도체에 작용되는 힘

$$F_0 = I \times Bl \text{ [N]}$$



Fleming의 왼손 법칙

엄지: 힘 방향  
둘째: 자속의 방향  
중지: 전류 방향



플레밍의 왼손 법칙

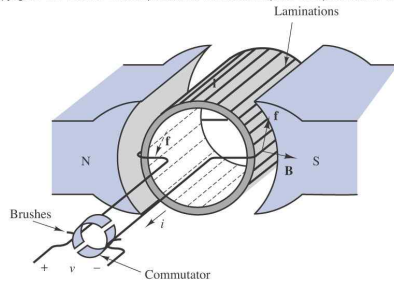
### 3) DC 모터의 전기적 모델 (영구자석형)

영구자석형 모터, driver로 구성

고속 응답성, 고정도, 고효율, 양호한 제어성

brush와 commutator(정류자)가 필요; 보수, 점검이 필요  
위치, 속도센서가 필요- 폐회로(closed loop) 제어

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



\* Principles and applications of electrical engineering, by Giorgio Rizzoni, McGraw-Hill

역기전력 ;  $E_b = K_e \cdot n_m$

회전자 코일 전압 ;  $V_a = R_a \cdot I_a + E_b$

회전토크 ;  $T = K_t \cdot I_a$

## 10.6 AC motor

### 1) AC induction motor

유도전류에 의한 힘에 의하여 회전

로터는 케이지 형태로 제작

스테이터에 코일을 설치

스테이터 코일에 교류 전압이 인가되면 이에 매주 보고 있는 로터 부분에 유도 전류가 발생하고, 이에 따른 자기장에 의하여 회전력이 발생.

선풍기 등에 주로 사용.

### 2) AC servo motor

#### Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM)

\* 개요

영구자석형 모터, driver로 구성

DC서보모터에 비하여 구조가 간단; brush와 commutator 가 없음.

driver의 구조가 복잡

brush에 의한 정류한계가 없음-고속에서 순간 최대 토크를 출력 => 응답특성이 좋다.

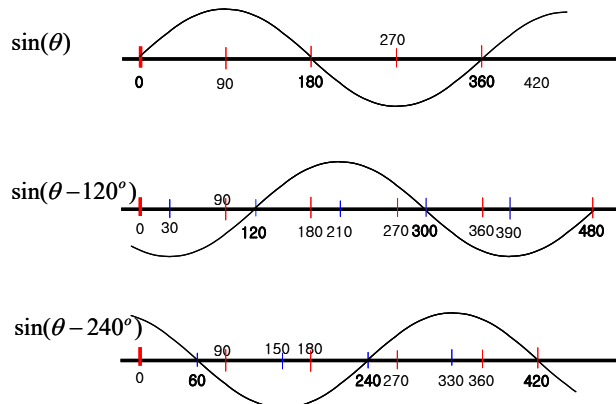
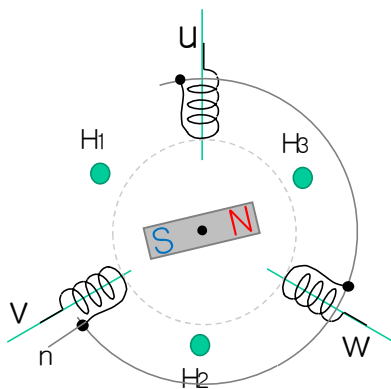
고정자에 코일 -> 방열이 양호

brush의 잡음이 없음

제어가 복잡- closed loop 제어

고속회전, 대토크, 소형경량화

동기형 교류서보모터 - 회전자에 영구자석, 고정자에 코일 사용

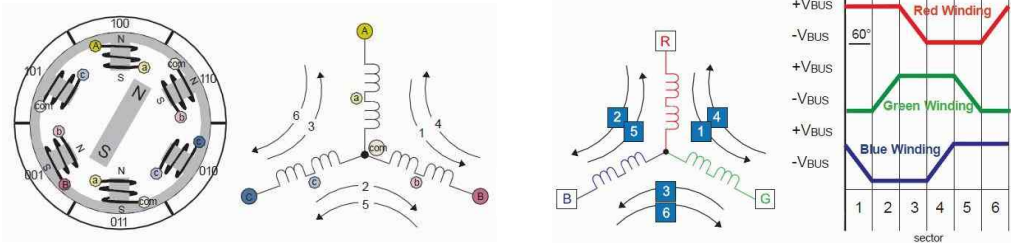


Commutation Step	1 (-60°-0°)			2 (0°-60°)			3 (60°-120°)			4 (120°-180°)			5 (180°-240°)			6 (240°-300°)		
Phase	C(3)	B(2)	A(1)	C(3)	B(2)	A(1)	C(3)	B(2)	A(1)	C(3)	B(2)	A(1)	C(3)	B(2)	A(1)	C(3)	B(2)	A(1)
Hall Signal	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
Power OUT	High z	GND	V <sub>s</sub>	GND	High z	V <sub>s</sub>	GND	V <sub>s</sub>	High z	High z	V <sub>s</sub>	GND	V <sub>s</sub>	High z	GND	V <sub>s</sub>	GND	High z
Rotor Position																		
Stator Action																		

표 2.3.1. 120° Hall Sensor Sequence(CW Direction)

\* AC서보 모터 특성곡선

### 3) 서보모터- BLDC서보



BLDC모터 내부 결선 (내전형) 과 전압인가 방법

출처 \* 엔티렉스



### 서보모타/driver의 주요 사양

항 목	단 위	비 고 (예)
정격출력	W	정격회전속도, 온도상승범위이내
정격토크	kgf-cm	
정격전압	V	
정격전류	A	
정격회전속도	rpm	
최대토크	kgf-cm	
최대회전속도	rpm	
토크정수 (Kt)	kgf-cm/A	
유기전압정수 (Kb)	V/rpm	
관성 (Jm)	kgf-cm-s <sup>2</sup>	
마찰토크	kgf-cm	
전기자저항 (Ra)	Ω	
전기자인덕턴스 (La)	mH	
기계적시정수 (τm)	ms	
전기적시정수 (τe)	ms	
감속비	1:R	
허용radial load	kgf	
허용trust load	kgf	
중량	kgf	
엔코더	ppr	

\* Driver

속도제어형

위치제어형 (pulse 입력)

\* Power 부분

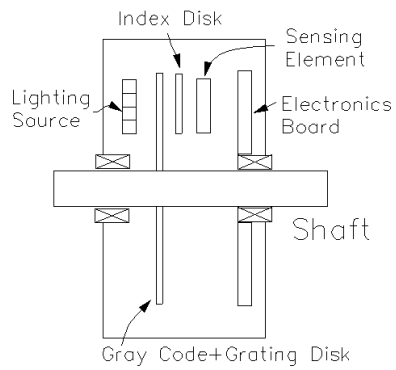
liner 전류제어방식

PWM 제어 방식

## 10.7 Encoder

회전각도 및 방향 측정  
 증분식(incremental)  
 절대식(absolute)

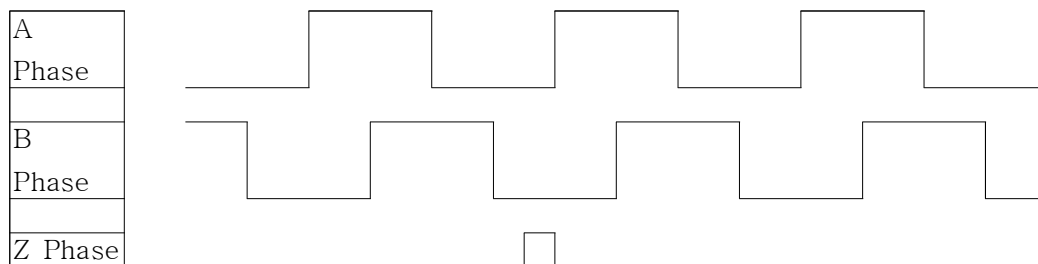
### \* 엔코더 구조도



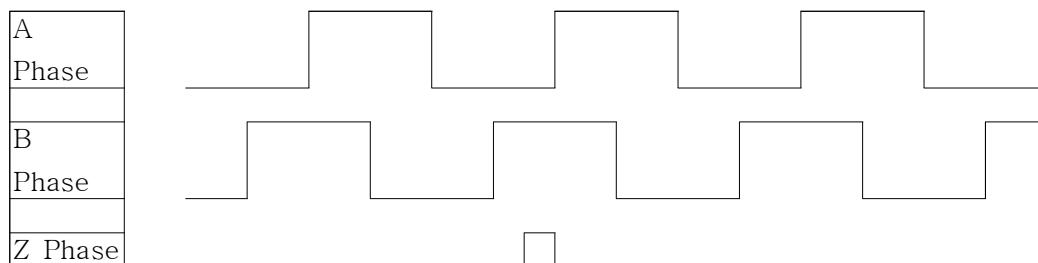
### - Incremental Encoder

A, B, Z

#### CW Direction



#### CCW Direction



- 회전 방향

- 4 fold

- Absolute Encoder

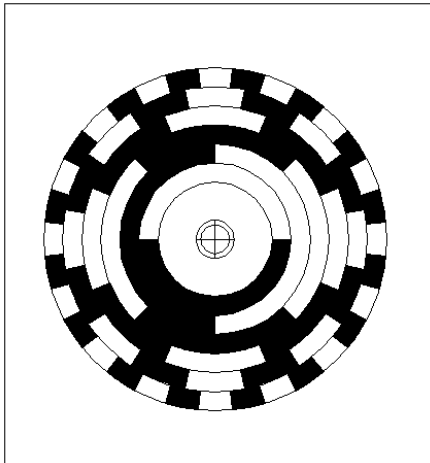
binary code

gray code

이웃한 코드와 1개의 비트만 변화됨

노이즈가 있을 경우 노이즈 여부를 감지하기가 용이함.

\* 6 bit gray code disk



3 bit binary code

	b2	b1	b0
1	0	0	0
2	0	0	1
3	0	1	0
4	0	1	1
5	1	0	0
6	1	0	1
7	1	1	0
8	1	1	1

3 bit gray code

	b2	b1	b0
1	0	0	0
2	0	0	1
3	0	1	1
4	0	1	0
5	1	1	0
6	1	1	1
7	1	0	1
8	1	0	0