



센서의 원리 및 응용

센서와 모터 제어



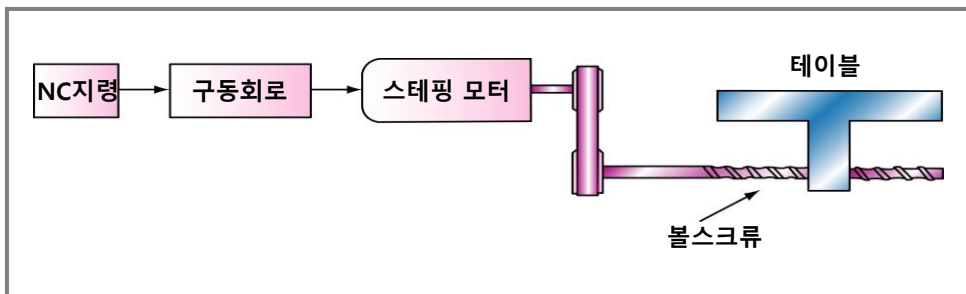
한국기술교육대학교
온라인평생교육원

■ 스테핑 모터의 이해

1. 스테핑 모터란?

- 스테핑 모터(Stepping Motor)는 모터의 각 상 단자에 DC전압 또는 전류를 스위칭 방식으로 입력시켜 주어 여기서 발생하는 펄스 수에 따라 일정한 각도로 회전을 하게 되는 디지털 펄스 제어방식의 모터임
- 스테핑 모터는 펄스 모터 또는 스텝 모터라고도 부르는데, 펄스에 의한 디지털 제어가 가능하여 마이콤에서 사용하기 적합한 모터임

2. 스테핑 모터의 구조와 원리



고정자 권선에
전류가 흐름

코일이 여자 됨

자계 발생

자계의 방향

- 통전 전류의 방향에 의해 결정
- 자계의 방향 → 회전자가 정렬하며 회전

- 스테핑 모터(1회전 당 2백 펄스) + 1개의 펄스 = 1스텝 / 1.8도 회전
- 스테핑 모터는 가해진 펄스 수를 조절해줌으로써 모터의 회전 각을 제어
- 모터의 회전각 : 입력 펄스 수의 총수에 비례
- 모터의 회전 속도 : 초당 입력 펄스 수에 비례
- 1스텝 당 각도 오차는 3분 이내
- 회전각 오차는 스텝마다 누적되지 않음
 - 디지털 신호로 직접 개루프 제어
 - 시스템 전체가 간단

■ 스테핑 모터의 이해

3. 스테핑 모터의 종류

- VR형(가변 릴럭턴스형)
 - 고정자의 권선이 여러 개의 위상으로 구성
 - 전자 재료로 만들어진 내부 회전자(rotor)의 이빨(齒)의 수가 고정자 권선 위상의 수보다 하나 작은 구조
- PM형
 - 고정자의 여자 권선수와 관계되지 않고 내부 회전자(rotor)의 영구 자석의 자극수에 따라서 결정
 - 회전자에 이빨(齒)이 없어 회전시 저항을 덜 받게 되면 영구 자석에 의한 자속이 증가하게 되어 토크가 증가
- HB 형
 - VR 형과 PM 형을 결합한 형
 - 작은 사이즈에서 높은 토크와 미소회전각을 얻을 수 있음
 - 현재 산업용으로 가장 많이 사용되고 있음
 - 고정자 철심의 구조는 VR형 모터와 비슷하지만 회전자 내부에는 원통형 또는 원반형의 자석이 놓여있음

■ 스테핑 모터의 이해

4. 스테핑 모터의 장단점

1) 장점

- 모터의 총 회전각은 입력펄스 신호의 총 수에 정확히 비례
- 1스텝당의 각도오차가 5% 이내로 작고 오차는 누적되지 않음
- 기동, 정지 및 정·역회전이 쉽고 응답성이 양호하므로 서보 모터로써 사용이 가능
- 디지털 신호 등의 펄스 입력에 개루프 제어가 가능하기 때문에 제어 구조가 간단
- 가격이 상대적으로 저렴
- 모터 축에 부하를 직결한 상태에서 초저속 동기 운전이 가능
- 브레이크 등을 사용하지 않아도 정지 위치 제어가 가능
 - 정지 시에도 유지 토크(holding torque)를 가짐
- 모터의 속도는 펄스 신호의 입력 주파수에 비례하여 회전속도가 가변하고 저속부터 고속회전까지 광범위한 속도제어가 가능
- 브러쉬 교환 같은 보수가 필요치 않아 신뢰성이 높고 수명이 김

2) 단점

- 모터 구동을 위한 별도의 제어회로가 필요
- 어느 주파수에서는 진동 및 공진이 발생할 수 있으므로 가속 또는 감속의 제어가
- 고속 운전 시에 탈조하기 쉽고 최대 속도에 한계
- 부하 관성 모멘트의 영향을 받기 쉬움
- 구동 시 권선의 인덕턴스 영향으로 권선에 충분한 전류를 흘리게 할 수 없으므로 펄스비가 높아짐에 따라 토크가 저하
- DC 모터에 비해 효율이 떨어짐
- 회전이 진동적이어서 진동 및 소음 레벨이 높아지는 경향이 있음

▣ 스테핑 모터의 이해

5. 스테핑 모터의 활용

- 독특한 특성과 정밀 위치 제어로 인해 OA(사무자동화), FA(공장자동화) 등 광범위한 산업 분야에 많이 사용
- AC, DC 서보 모터에 비하여 가격이 저렴하고 정밀한 각도 제어에 유리
→ 아날로그 시계, 사무기기 등 우리 생활 주변에서도 쉽게 접함
- 프린터 head의 인자 위치 제어, XY 플로터의 펜위치 제어, 플로피 디스크의 head위치 제어, 팩시밀리 등에도 사용



센서의 원리 및 응용

센서와 모터 제어

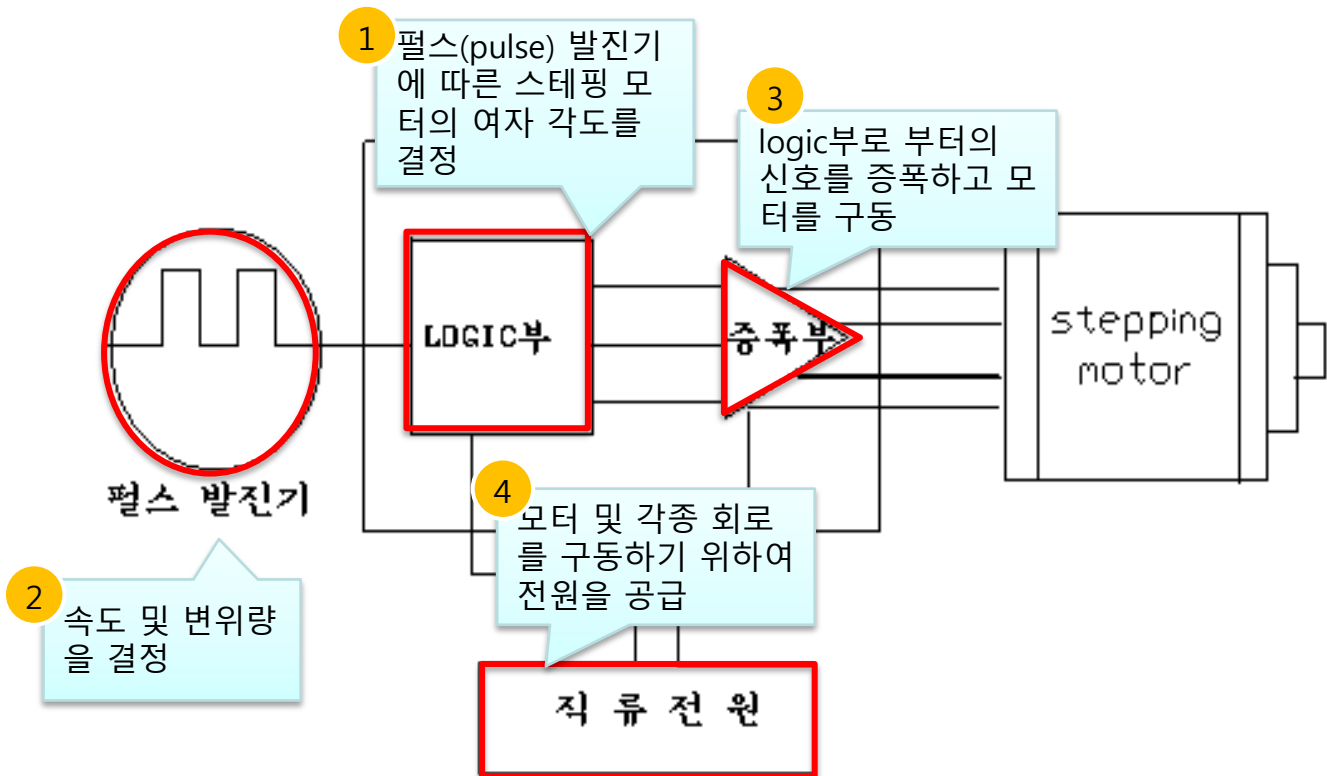


한국기술교육대학교
온라인평생교육원

■ 스텝핑 모터 구동 및 제어

1. 스텝핑 모터의 구동 방법

- 제어회로 : 시스템에 필요한 각종 신호를 발생하여 구동회로로 전송
- 구동회로 : 전송된 신호를 고정자 권선에 정해진 순서대로 여자
- 직류 전원 : 모터 및 각종 회로를 구동하기 위한 전원을 공급



■ 스테핑 모터 구동 및 제어

2. 스테핑 모터의 구동 회로 구성

- 논리회로 : 여자순서를 결정
- 전력제어 회로 : 고정자 권선에 전류를 공급
- 구동회로는 모터의 종류, 여자방식 구동방식 및 출력용량에 따라 달라짐
- 스테핑 모터의 구동방법 : 고정자 권선 코일에 어떤 형태로 전류를 흐르게 하는가에 따라 일반적으로 유니폴라 구동, 바이폴라 구동으로 구분
 - 유니폴라 구동(unipolar driving) : 모터의 권선(코일)에 흐르는 전류가 항상 한쪽 방향으로만 흐르는 구동 방식
 - 바이폴라 구동(bipolar driving) : 고정자의 코일에 교대로 전류를 흘리도록 스위칭하는 방식
 - 유니폴라 방식에 비해 회로가 복잡하지만 저속 영역에서의 토크(torque)를 개선시킬 수 있음
- 브리지 형 바이폴라(bipolar) 구동 회로의 방식과 특징
 - 바이폴라 1상여자 : ① 4상 중 1조(2상)만이 여자 되는 방식
 - ② 회전각도 정확성이 높음
 - 바이폴라 2상여자 : ① 2조(4상) 모두가 여자 되는 방식
 - ② 댐핑특성이 좋으며 코일의 이용률이 가장 높음
 - 바이폴라 1-2상여자 : ① 1조(2상), 2조(4상)이 교대로 여자 되는 방식
 - ② 바이폴라 1상, 2상 여자의 중간 특징을 갖고 있음

■ 스텝핑 모터 구동 및 제어

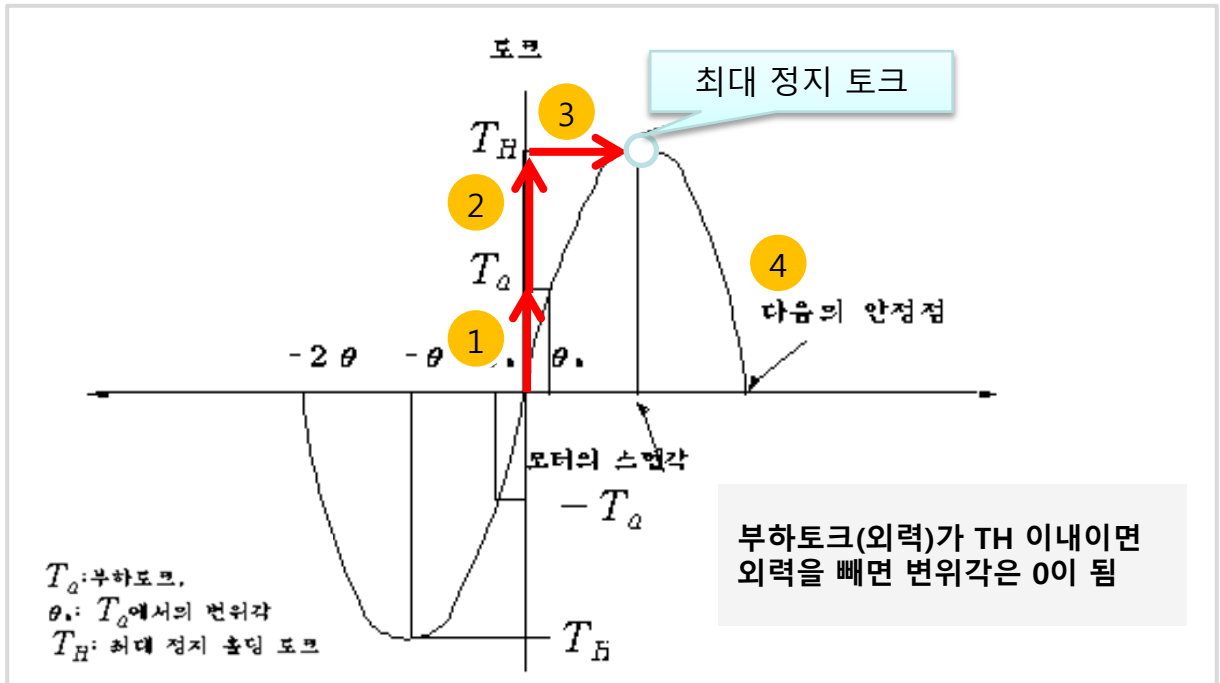
2. 스텝핑 모터의 구동 회로 구성

- 고정자 권선을 여자시키는 방식
 - 1상 전파 여자방식(1 Phase Full-step excitation) :
 - ① 모터의 온도상승이 낮고, 전원 용량이 낮아도 됨
 - ② 출력토크는 크지만, 스텝 시에 감쇄진동이 크고 난조가 일어나기 쉬움
 - 2상 전파 여자방식(2 Phase Full-step excitation) :
 - ① 4상 중 2개상이 함께 입력전원을 받아들인 구동방식
 - ② 출력토크 특성이 우수하고 2상으로 여기하여 난조가 일어나기 어려우며 상 전환 시에도 반드시 1상은 여자 되어 있으므로 제동효과가 있음
 - 1-2상 반파 여자방식(1-2 Phase Half-step excitation) :
 - ① 1상-2상-1상-2상과 같이 교대적으로 펄스를 부여하는 방식
 - ② 모터의 진동이 줄어들고 보다 고속운전이 가능하나 부하가 큰 경우 정지위치의 정밀도에 주의를 요함

■ 스텝핑 모터 구동 및 제어

3. 스텝핑 모터의 출력 특성

- 각도-정토크 특성 : 모터에 정격 DC전원을 인가한 상태에서 모터의 출력축에 외력을 가했을 때에 출력축에 발생하는 토크



① 모터가 여자 시에 일정 값 이상의 부하토크가 걸림



② 외력에 의해 모터는 정지 위치를 벗어남



③ 모터축이 회전함(스텝핑 모터의 유지 토크(holding torque)는 한계)

최대 정지 토크

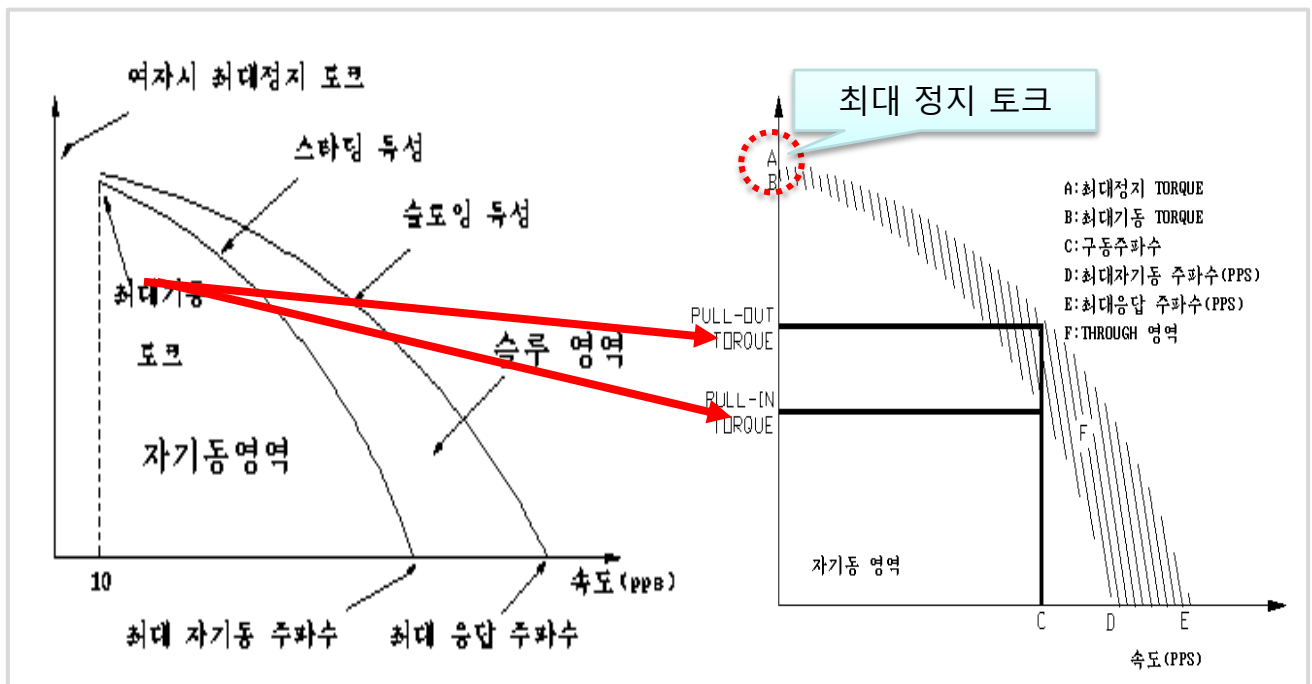


④ 모터의 부하가 최대 정지 토크일 때 부하토크를 제거하면
모터의 축은 원위치로 복귀

■ 스테핑 모터 구동 및 제어

3. 스테핑 모터의 출력 특성

- 속도-토크 특성 : 모터 자신, 구동회로 및 여자방식에 따라 크게 변화
- 원칙적으로 속도가 높아질수록 모터의 토크는 떨어짐
 - 그래프와 같이 모터의 코일에 흐르는 전류가 고속이 될수록 완전히 상승되지 못하기 때문
- 스테핑 모터의 코일은 정지 시에 가장 많은 전류가 흐름
 - 이때의 토크가 가장 크고 이것이 최대 정지 토크



* 용어사전

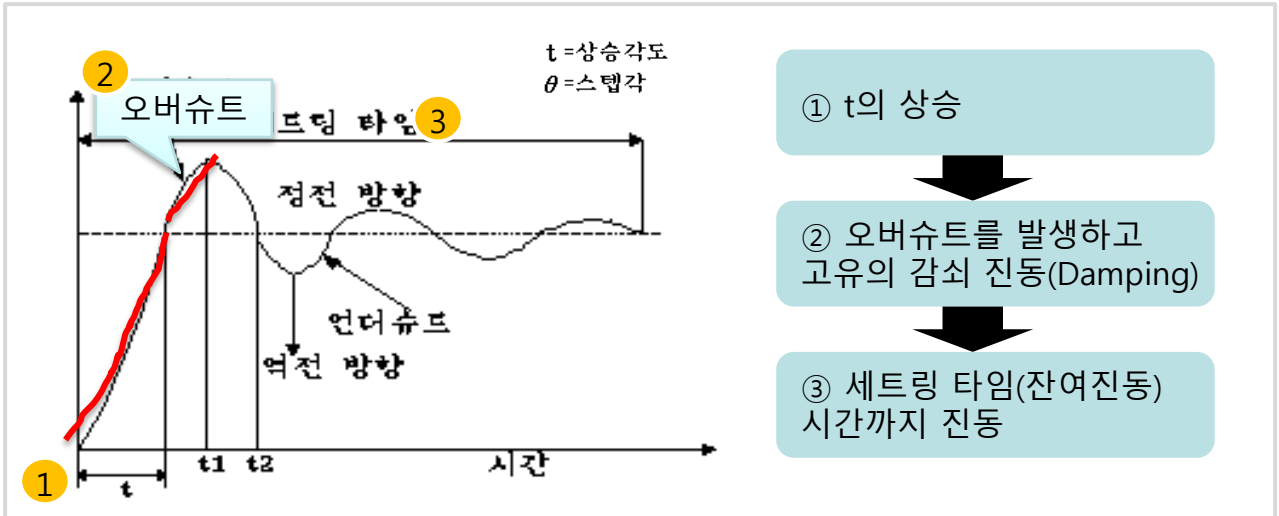
➤ 토크 (Torque)

회전축 중심으로부터 1cm 또는 1m 떨어진 부하를 단위시간(1초)에 1cm 또는 1m를 움직일 수 있는 힘. 단위는 gfcmm 또는 kgfcm

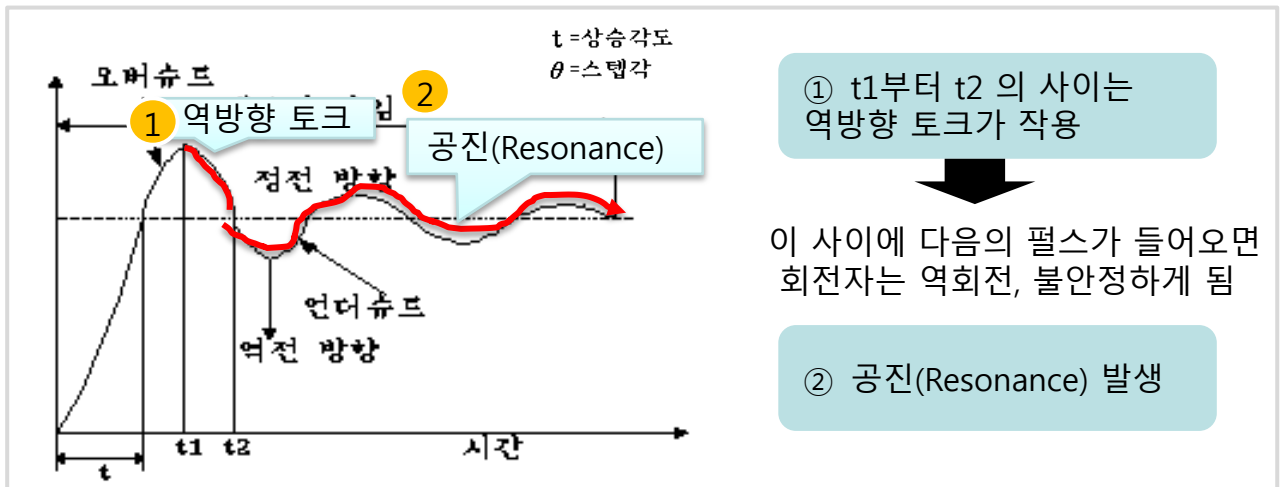
■ 스테핑 모터 구동 및 제어

4. 스테핑 모터의 과도 특성

- 스테핑 모터에 펄스 신호를 인가하면 회전자는 잔여진동까지 진동하고 정지함
- 잔여진동(Damping) : 회전자가 회전상태에서 정지신호를 받아도 바로 정지하지 않고 일정 시간 동안 좌·우진동(잔여진동)을 하다가 정 위치에 오게 되는 현상



- 공진(Resonance) : 모터자체의 기계적 특성과 전기적 특성이 어느 구동주파수영역에 도달하면 급격히 진동을 일으키거나 출력토크를 저하시키는 현상



모터의 구동주파수 증가하면 오버슈트, 언더슈트가 줄어들고 회전음도 작아짐

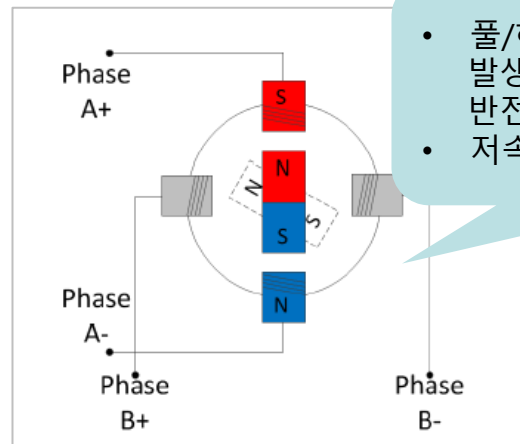
■ 스텝핑 모터 구동 및 제어

4. 스텝핑 모터의 과도 특성

- 스텝핑 모터의 과도 특성 오차 보기
 - 각도 정밀도(Step Angle Accuracy) :
스텝핑 모터의 회전각도의 정확도를 나타내는 것
 - 정지각도오차(Positional Accuracy) :
2상 여자(Full-step Driving)로 모터를 360° 회전시켰을 때의 최대각도오차
 - 히스테리시스오차(hysteresis error) :
모터를 정방향(CW)으로 회전시켰을 때 정지한 위치와 역방향(CCW)으로 회전시켰을 때 정지한 위치의 차이

5. 스텝핑 모터의 제어

- 펄스 입력을 이용한 각위치 제어 기법



- 풀/하프 스텝핑 기법으로 구동할 때 발생할 수 있는 탈조, 공진 및 속도 반전 현상을 방지
- 저속구동 시 발생하는 진동이 발생

- 풀 스텝핑 여자 방식

- ① 페이즈 A와 페이즈 B 중에 한 개의 상만 펄스의 최고치, 혹은 최저치로 여자되고 나머지 상이 0인 상태로 유지되는 것
- ② 펄스 한번에 회전자가 하나의 스텝각 만큼 회전

- 하프 스텝핑 여자 방식

- ① 두 개의 상이 모두 여자 되거나 한 개의 상만 여자 되는 것
- ② 펄스 한번에 회전자를 스텝각의 절반만큼 회전

■ 스테핑 모터 구동 및 제어

5. 스테핑 모터의 제어

- 마이크로 스테핑 제어 기법 : 스테핑 모터의 과도 특성 문제점을 막기 위해 산업 현장에서는 마이크로 스테핑 제어 널리 사용
- 개루프로 쉽게 모터의 각위치 제어가 가능
- 스테핑 모터 구동시의 정밀도가 펄스 입력을 이용한 각위치 제어 기법에 비해 4배 이상 향상
- 각 위치 제어 정밀도와 안정도를 향상시킬 수 있음
- 구동부를 통해 전류측정이 용이
- 최근 센서와 마이크로 프로세서 등의 가격이 저렴해짐
 - 스테핑 모터를 각 위치 피드백을 이용한 제어 알고리즘을 적용해 산업현장에서 널리 사용