Stepper Motor

작성자: 유은재 (CJ)

작성일: 2018.9.27

1. 스텝 모터의 특징

1) 브러시(Brushless)가 없다. 스텝 모터는 DC 모터와는 달리 브러시(Brush)가 없다. 따라서 흔히 브러시가 부착된 모터에서 발생하는 소음, 전기적 아크 발생, 짧은 수명 등의 단점을 극복할 수 있다는 장점을 갖고 있다.

2) 부하와 독립적이다. 스텝 모터는 부하가 모터의 정격 토크를 초과하지 않는 범위 내에서 모터에 인가되는 부하의 양과 상관없이 설정 속도로 일정하게 회전할 수 있다.

3) 오픈루프 제어가 가능하다. 스텝 모터는 일정한 변위 즉, 스텝(Step)으로 움직인다. 따라서 스텝 모터는 토크 스펙 범위 내에서 동작하는 한 별도의 센서 즉, 피드백(Feedback) 장치 없이 그 위치를 알 수 있다.

4) 홀딩토크(Holding Torque) 특성을 갖는다. 스텝 모터는 특정 위치에서 모터의 회전축을 움직이지 않고 정지하게 할 수 있는 홀딩토크(Holding Torque)를 가지고 있어서, 별도의 기계적인 브레이크 장치가 필요하지 않다.

5)뛰어난 응답특성을 갖는다. 스텝 모터는 모터의 기동(Start-Up), 정지, 역회전을 위한 뛰어난 응답특성을 발휘할 수 있다.

6) 저속에서 DC모터보다 상대적으로 토크 특성이 좋다. 스텝 모터는 낮은 속도로 회전 시에도 DC모터 대비 상대적으로 높은 토크를 발휘할 수 있다.

2. 스텝 모터 종류별 특성 비교

영구자석 스텝모터 가변 릴럭턴스 스텝모터 하이브리드 스텝모터

비용 낮음 중간 높음

설계성 보통 간단 복잡

정밀도 1스텝 당 3~30˚ 1스텝 당 1.8˚ 이하

토크vs속도 - 고속에서 낮은 토크손실 -

소음 낮음 높음 낮음

구동 방법 Full, Half, Micro-stepping Full Step Full, Half, Micro-stepping

3. 스텝 모터의 구동

3.1 바이폴라(Bipolar)와 유니폴라(Unipolar)의 이해

스텝모터의 고정자 측에 감겨져 있는 코일. 즉, 모터 권선의 외부로 인출된 리드선이 모터 제어를 위한 신호 라인이 되며 유형에 따라 바이폴라(Bipolar, 양극성)와 유니폴라(Unipolar, 단극성) 스텝모터로 구분할 수 있다.

바이폴라(Bipolar) 유니폴라(Unipolar)

바이폴라 스텝 모터는 고정자에 감겨진 코일의 각 끝단에 리드선이 연결되어 있기 때문에 리드선 즉, 모터의 외부로 유출된 신호 선은 4선인 경우가 많다.

바이폴라 스텝 모터의 가장 큰 특징은 코일에 연결된 리드선 1-2 및 3-4 를 통해 전류의 양방향 흐름이 가능하며, 유입된 전류는 모터 권선의 전체를 흐르게 되는 점이 특징이다.

"바이폴라(Bipolar, 양극성)"라는 이름은 이와 같은 전류의 양방향 특성으로 인해 붙여졌다고 볼 수 있다. 유니폴라 스텝 모터는 바이폴라 스텝 모터의 리드선 4개 외에도 각각의 코일 권선의 중간에 추가적인 리드선이 각각 인출되어있다.

즉, 2개의 센터 탭(Center Tap)이 추가되어 일반적으로 총 6선의 리드선이 모터의 외부로 유출되어 있다. 이들 2개의 센터 탭에는 스텝 모터의 구동 전압원(Supply Voltage)이 공급된다. 또한 나머지 각 코일의 끝단 4개는 상황에 따라 순차적으로 그라운드(Groud)로 연결하게 된다. 따라서 유니폴라 스텝모터의 경우 전류 방향은 센터 탭(3, 6번)에서 리드선(1, 2, 4, 5번)을 통해서 단방향으로만 흐르게 된다.

또한 바이폴라 스텝모터와는 달리 유니폴라 스텝 모터의 전류는 코일권선의 절반(1/2 구간)만을 통과하게 된다. 따라서 "유니폴라(Unipolar, 단극성)"라는 이름은 전류가 한쪽 방향으로만 흐르게 되는 특성으로 인해 붙여졌다고 볼 수 있다.

유니폴라 스텝 모터의 신호 선은 5개 또는 6개가 모터의 외부로 유출되어 있는데 그 구분은 센터 탭에 연결된 리드선이 서로 공통으로 묶여서 인출될 경우는 5개가 되며, 각각 인출될 경우는 6개가 된다고 볼 수 있다.

유니폴라와 바이폴라는 구동 방법 및 모터 스펙, 구동 회로 등에 있어서 상호 차이점이 있지만 여기에서는 굳이 언급하지 않겠다.

3.2 스텝 모터의 제어

스텝 모터의 회전각도 즉, 스텝 각도(Step Angle)는 한 번의 스텝에 의해 회전자가 회전(이동)한 각도로 정의하며 그 제어 방식은 풀 스텝(Full Step), 하프 스텝(Half Step), 마이크로스텝(Micro Step)과 같이 크게 3가지로 구분할 수 있다.

또한 각각의 스텝을 변화시키는 시간 즉, 주기에 따라서 회전 속도 즉, RPM(Revolution Per Minute)가 결정되며, 회전자가 1회전하기 위해 필요한 총 스텝과 여기에 소요된 시간을 이용해서 계산할 수가 있다.

3.2.1 풀-스텝핑 (Full Stepping)

스텝핑 모터의 풀-스테핑 구동 방식은 회전자가 고정자의 특정 상(Phase)에서 다음 상으로 완전히(Fully) 회전(이동)하도록 하는 방식의 스텝핑 기술을 말한다.

풀-스텝핑 방법에는 회전자 권선의 전류 통전 방식에 따라서 1상 통전 방식과 2상 통전 방식 또는 1상 여자 방식과 2상 여자 방식으로 구분하여 부르기도 한다.

3.2.2 하프-스텝핑 (Half Stepping)

스텝핑 모터의 하프 스테핑 구동 방식은 회전자가 고정자의 특정 상(Phase)에서 다음 상으로 이동시 풀-스텝 각도의 1/2(Half) 각도만 회전(이동)하도록 하는 스텝핑 기술을 말하며, 회전자는 45˚ 회전하게 된다. 따라서 하프 스테 핑 구동 방식은 스텝 각도가 풀 스테핑 구동 방식에 비해 1/2 로 감소하기 때문에 스텝해상도(Step Resolution)가 2배 좋아진다고 말할 수 있다. 즉, 회전 각도의 정밀 제어에 유리하고 회전자의 회전특성이 상대적으로 유연해질 수 있다.

하프 스테핑은 1상 및 2상 여자방식의 혼합형으로 구성된 구동 펄스의 특성 때문에 1-2상 통전(여자) 방식이라 부르기도 한다.

3.2.2 마이크로 스테핑(Micro Stepping)

스텝 모터의 구동 방법을 보다 정밀하게 제어하기 위한 방법으로 사용되는 마이크로 스텝핑은 풀-스텝에 해당하는 회전 각도를 다수의 서브 스텝으로 나누어 제어하는 방식이라 볼 수 있다.

즉, 풀-스텝 각도가 90˚인 경우 이를 1/4, 1/8, 1/16, 1/32등과 같이 다수개의 스텝으로 분해하여 보다 정밀한 스텝 각도로 회전할 수 있도록 제어하는 방식이라 말할 수 있다. 결과적으로 보다 정밀한 스텝 제어와 함께 풀-스텝핑 및 하프-스텝핑을 이용했을 경우 대비 소음 및 진동 특성 향상과 함께 고속 및 저속에서도 최대 토크를 얻을 수 있다.