

# 공장자동화형 소형모터 (2)

글/백수현(동국대학교 전기공학과 교수)

## II. 공장자동화(FA) 기기용 모터의 특징

이번호에서는 FA기기의 핵심이라 할 수 있는 서보모터의 특성 및 여기에 사용되는 검출기의 전반적인 내용을 살펴보기로 한다.

### 1. DC 서보모터

DC 서보모터는 약 30년의 역사를 갖고 있으며, 그동안 각종 필요성에 대응되는 기종이 제품화되고 있으며, 이들 DC 서보모터는 전기자 구조, 계자 구성재료(영구자석)에 따라 다음과 같은 특징이 있다.

#### (1) 전기자의 형상

전기자는 공극방향에 따라 형상이 다르다. 경방향형(徑方向形)은 가늘며 긴 형상이 되고 축방향은 편평 형상의 모터로 되기 때문에 각종 FA기기의 기구·형상에 적합한 모터를 선정할 수 있다.

#### (2) 전기자의 구조

##### ① 코어리스형

코어리스형 모터는 정류특성이 좋고(평균 리액턴스전압이 흠이 있는 철심형의 1/10~1/100)고속 회전, 높은 피크토크의 용도에 적합하며, 아우터 로터형은 저속 큰 토크, 이너로터형은 높은 파워레이트

특성으로 되어 있다.

##### ② 흠이 없는 철심형

흠이 있는 철심형은 코어리스형 모터의 특징을 지니고 있기 때문에 철심과 함께 사용함으로써 신뢰성이 확보되며, 높은 파워레이트 특성이 필요한 중대형 기구에 적합하다.

##### ③ 흠이 있는 철심형

흠이 있는 철심형은 공극길이가 흠이 없는 형의 1/10 정도이기 때문에 자석의 사용량이 적으며 소형·경량의 모터로 된다. 용도로는 저·중속형의 부하시방에 적합하다.

### (3) 영구 자석

#### ① 페라이트 자석

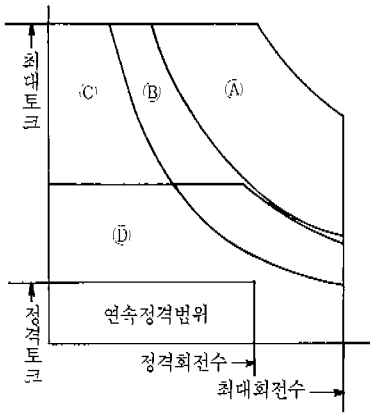
페라이트 자석은 값이 저렴하고 자석의 재료비가 문제되는 용량이 큰 기종이나 내감자(耐減磁)특성이 필요한 기종에 사용되고 있다.

#### ② 알코니 자석

알니코 자석은 잔류자속밀도가 크고 보자력(保磁力)이 작다는 특성이 있어 전기자 반작용이 적은 흠이 없는 형의 모터나 피크 토크 성능을 낮게 한 소형 모터에 사용되고 있다.

#### ③ 희토류 자석

희토류 자석은 가장 값이 비싼 재질이며, 자석의 에너지적(積)은 다른 자석의 5배 정도 크고, 모터의 성능밀도를 높인 기종에 사용되고 있다. 페라이트



	전기자구조	자석재질
(A)	코어리스형 홀 철심형	알니코 자석
(B)	홀이 있는 철심	회토류 자석
(C)	홀이 있는 철심형	페라이트 자석
(D)	홀이 있는 철심형	알니코 자석

(그림 1) 기감속 사양범위의 비교

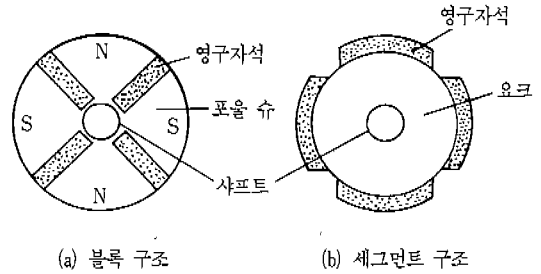
자석을 사용한 모터에 비교하여 자기장하를 높일 수 있다. 이상과 같은 특성을 (그림 1)에 비교하였다.

## 2. AC 서보모터

FA용 AC 서보모터에는 SM(동기기)형과 IM(유도기)형이 있으며, 현재의 소·중용량 기종에는 제어가 단순한 SM형이 주류를 이루고 있다.

### (1) 회전자 구조의 비교

SM형 AC 서보모터의 회전자는 영구자석의 배치 방법에 따라 (그림 2)와 같이 나누어진다. (그림 2 (a))의 블록구조의 것은 자기장하를 높이는 데 유리하고 또 영구자석은 전기자 반작용의 영향을 크게 받지 않으나 인덕턴스나 불규칙한 회전의 원인이



(그림 2) 모터 회전자의 구조(4극의 예)

되는 코킹토크가 크고, 토크의 직선성이 나쁘다는 단점이 있다. 그리고 (그림 (b))의 세그먼트 구조는 자기장하를 높이는 데 불리하고 전기자 반작용의 영향을 받기 쉬우며, 인덕턴스나 코킹토크를 작게 할 수 있어 토크의 직선성이 좋다는 특징을 가지고 있다.

### (2) DC 서보모터와의 특성 비교

서보 성능(토크/이너셔)을 크게 하기 위해서는 회전자를 작게(가늘고 길게)하고 토크를 크게 할 필요가 있다. 모터의 토크는 자기장하와 전기장하의 곱으로 표시되며, DC 서보모터에서는 고정자쪽에 있는 계자에서 자기장하를 높여 서보성능을 높이고 있다. 하지만 영구자석의 잔류자속밀도 특성, 연질 자성재료의 자기포화 등의 제약조건 때문에 자기장하는 홀이 있는 철심형은 0.7~0.8T, 홀이 없는 철심형에서는 1.5~1.7T가 한계로 되어 있으며, 각 기종의 파워레이트 성능의 한계값으로 되어 있다.

AC 서보모터에서는 전기가 고정자쪽에 있어 전기자 반작용에 의해 회전자의 영구자석이 감지될 때까지 전기장하를 높일 수 있다. 따라서 유지력이 큰 회토류 자석을 사용하고 다극구조로 함으로써 높은 파워레이트화가 가능하다. DC 서보모터의 특성 비교를 (표 1)에 나타내었다.

### (3) AC 서보모터의 용도

AC 서보모터의 주요 용도로는 다음과 같이 주로

〈표 1〉 AC·DC 서보모터 특성 비교

구 분	DC 서보 모니터 흠이 없는 철심형	DC 서보 모터 코어리스 컵형	AC 서보 모터 흠이 있는 철심형
정격출력 W	1540	1540	1540
정격토크 N·m	4.9	4.9	4.9
정격 회전수 r/m	3000	3000	3000
모터 이너서어 kg·m <sup>2</sup>	9.0×10 <sup>-4</sup>	4.3×10 <sup>-4</sup>	3.3×10 <sup>-4</sup>
파워레이트 kW/s	26.7	55.9	73
기계적 시정수 ms	3.6	1.5	0.6
전기적 시정수 ms	3.7	0.4	14
모터 중량 kg	49	22	11
파워 밀도 W/kg	31.4	70	140
파워레이트밀도kW/s·kg	0.54	2.54	6.64

고신뢰성, 내환경성이 요구되는 분야에 사용되고 있다.

- 모터가 기계속에 조립되어 외부에서 용이하게 정비할 수 없는 용도
- FA화에 의해 많은 기계를 사용하여 개별 모터의 정비가 곤란한 용도
- 고속의 회전수가 요구되는 용도
- 높은 파워에이트 밀도의 모터가 필요한 용도

〈표 2〉 서보모터용 검출기의 비교

항목	타코 제너레이터	브러시리스타코 제너레이터	옵티컬 인코더	자기(磁氣)인코더	리졸버
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 회전속도에 비례한 아날로그 전압을 출력한다.</li> <li>• 구조가 간단하다.</li> <li>• 가격이 싸다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 회전속도에 비례한 아날로그 전압을 출력한다.</li> <li>• 신뢰성이 높다.</li> <li>• 고온 작동에 불리하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 처리회로가 간단하다.</li> <li>• 디지털 신호이므로 노이즈 마진이 크다.</li> <li>• 고분해능화가 용이하다.</li> <li>• 진동, 충격에 약하다.</li> <li>• 고온 작동에 불리하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 처리회로가 간단하다.</li> <li>• 디지털 신호이므로 노이즈 마진이 크다.</li> <li>• 진동, 충격에 약간 강하다.</li> <li>• 소비 전력이 적다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조가 강하다.</li> <li>• 진동, 충격에 강하다.</li> <li>• 고온 작동이 가능하다.</li> <li>• 처리회로에 의해 용이하게 분해능이 바뀌어진다.</li> <li>• 처리회로가 복잡하다.</li> <li>• 온도 특성이 불량하다.</li> </ul>
속도 센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 회전속도에 비례한 아날로그 전압을 사용</li> <li>• 필터정수, 리플 수 명에 요구의</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 아날로그 스위치 및 홀 IC에 의해 아날로그 합성 전압을 발생</li> <li>• 잔류 출력 전압에 요구의</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인크리멘탈 펄스출 F/V변환 T/V변환 함에 의해 가능</li> <li>• 디지털로도 취급된다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위쪽과 같다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진폭 변조에 의한 복조 후의 신호를 미분합성하여 아날로그 전압을 발생</li> <li>• 위상변조에 의한 단위위시간의 위상변화율 속도 데이터로 사용</li> </ul>
위치 센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인크리멘탈 펄스출 사용</li> <li>• 원점 펄스로 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인크리멘탈 펄스출 사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2극 리졸버는 앰플리튜드인코더와 동일한 기능을 가진다.</li> <li>• 처리회로에 의해 인크리멘탈 펄스도 발생가능</li> </ul>
저속 센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 회전 디스크 위에 저속센서용 슬릿을 추가함으로써 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사기 드림 위에 저속센서용 트릭을 추가함으로써 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모터와 동극 또는 2극의 리졸버를 사용함으로써 가능</li> </ul>

### 3. 검출기

메카트로닉스 제품에서 검출기는 인간의 5감 역할을 하는 센서부로 서보모터의 속도(회전속도), 위치(회전각도)를 알기 위해 사용되며, 검출기에 대한 종류, 특징은 <표 2>와 같다.

#### (1) DC 타코 제너레이터

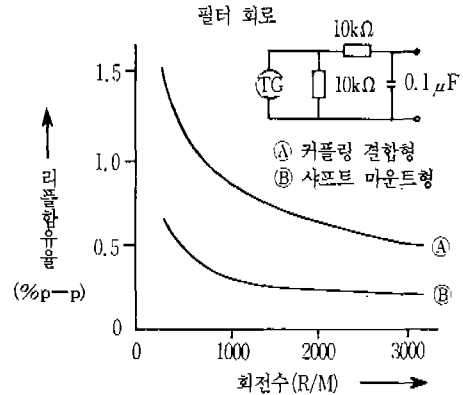
DC 타코 제너레이터는 구조가 간단하고 설치하기가 용이하다는 특징이 있으며, 서보모터의 회전속도검출에 널리 사용되고 있다. 특히 출력 전압의 직선성이 좋고 방향성의 편차가 작으며, 리플이 작다는 특성이 있다. 서보 추종성이 필요한 용도에는 샤프트 마운트형의 DC 타코 제너레이터가 사용되고 리플 특성도 <그림 3>과 같이 저속회전까지 안정된 성능으로 되어 있다.

#### (2) 브러시리스 타코 제너레이터

DC 타코 제너레이터의 리플수명은 고속회전에서 3,000~5,000시간으로 되어 있다. 따라서 항상 고속회전으로 사용하는 용도에는 브러시리스 타코 제너레이터가 적합하다.

#### (3) 옵티컬 인코더

옵티컬 인코더는 최근의 옵티컬 일렉트로닉스 기



<그림 3> 리플 비교

술의 발달 및 디지털 기술의 진보에 따라 급속하게 수요가 확대되고 있는 위치 및 속도 검출기이다. <표 3>은 기능별 분류를 나타낸 것이며 구조가 간단하고 가격이 싼 인크리멘탈(Incremental) 형이 주류를 이루고 있다.

#### (4) 리졸버

브러시리스 리졸버는 철심과 권선만으로 구성되어 있기 때문에 옵티컬 인코더에 비하면 기계적으로 강하고 반도체를 사용하고 있지 않으므로 고온에서 작동이 가능하기 때문에 진동, 충격 등에 해지는 용도나 고온에서도 작동이 불가피한 경우와 같은 내환경성이 요구되는 특수용도에 적합하다. ㉔

<다음호 계속...>

<표 3> 옵티컬 인코더의 기능별 분류

