



영구자석형 교류 서보모터 종류 및 동향

원 중 언 <성균관대학교 정보통신공학부 교수>

1 서론

산업용 영구자석형 서보모터란 자동 제어계에 있어서 조작 기구에 사용되는 교류 서보모터를 지칭하며 모터에 비해 입력 신호에 따라 신속하게 기계부하를 조작, 구동하는 동력요소를 말한다.

산업용 영구자석형 서보모터는 설정 속도에 대해서 항상 일정 속도가 되도록 폐루우프를 구성하는 속도 제어용이 있다. 위치설정에 대해 속도 및 위치에 대응하는 폐루우프를 구성하여 신속하게 목표위치에 도달해서 그 위치에서 어느 정도 홀딩 토크를 가지는 위치 제어용의 것으로 나누어진다.

그러나 일반적으로 교류 서보모터라 하면 속도 제어용의 것을 지칭하는 경우가 많다.

본 기술동향에서는 에너지 절약 및 이용효율화의 관점에서 영구 자석형 동기 전동기의 종류와 설계, 제어방식에 대하여 기술 하고자 한다. 자세한 내용은 특허청에서 2002년도 신기술 동향 조사회 기술 과제로 연구된 정밀제어모터를 참고하였다[1].

2. 교류 서보 모터의 종류

서보모터는 크게 DC 서보모터와 AC 서보모터로 나뉜다. AC 서보모터는 다시 구조에 따라 동기기와

유도기로 분류된다.

동기기형 AC 서보모터를 SM형(Synchronous Type AC Servo Motor) 혹은 영구자석형 AC 서보모터(Permanent Magnet Type AC Servo Motor)라고도 한다.

유도기형 AC 서보모터는 IM형 서보모터(Induction Type AC Servo Motor)라고도 한다.

2.1 동기기형 AC 서보모터

고정자측 구성은 기계적 지지를 목적하는 원통형의 프레임과 프레임 내경에 원통형의 고정자 코어(Stator Core)가 있고 코어에 전기자 권선이 감겨져 있다.

권선 끝단에는 리드선이 나와 있어서 이 리드선으로부터 전류 및 전압이 공급된다. 회전자측 구성은, 샤프트와 샤프트 외경에 자석이 부착되어 있다. 양쪽 브라켓 및 플랜지에는 볼 베어링이 부착되어 있다.

동기기형 AC 서보모터는 DC 서보모터와 반대로 자석이 회전자에 부착되어 있고 전기자 권선은 고정자측에 감겨져 있다.

따라서 정류자나 커뮤테이터 없이도 외부로 부터 직접 전원을 공급 받을 수 있는 구조이기 때문에 브러시리스 DC 서보모터라고도 한다.

일반적으로 동기 모터는 무부하시나 부하시에도 과

기술해설

대한 부하에 의해서 동기 상태를 벗어나지 않는 한 그 속도는 전기자 권선에 가해지는 전압 주파수에 따라 결정되며, 정확하게 일정하다고 하는 우수한 특징을 가지고 있다.

그 특성 때문에 동기 모터는 직류 분권 모터와 함께 일정속도가 요구되는 분야에서 사용된다.

영구자석 동기 모터는 위에서 말한 동기 모터의 특색인 일정속도가 요구되는 분야에서는 물론, 근래 전력전자공학의 발달과 더불어 가변속 운전을 요구하는 분야에서도 널리 사용되게 되었다.

가변속 운전은 종래에는 타여자 직류 모터나 정류자 모터에 의해서 행해져 왔으나, 최근에 와서는 영구자석 동기 모터가 가변속 운전분야에도 많이 사용되고 있다.

영구자석 동기 모터는 전자석을 계자극으로 사용하는 경우에 비해서 구조가 간단하며, 극히 견고하고, 적당한 조건하에서 사용하는 한, 모터 본체가 고장을 일으킬 가능성은 극히 적다고 생각된다.

특히 근래에 와서 영구자석 재료는 많은 종류를 볼 수 있으며, 또한 자기 특성면에서도 고잔류 자속밀도와 높은 보자력의 양자를 겸비한 재료 등이 갖추어져서, 비교적 용이하게 입수할 수 있는 상황이 되고 있다.

이와같이 영구자석 재료가 풍부해짐에 따라 영구자석 동기 모터는 계자극에 사용되는 영구자석의 재료에 의해서 여러 가지 우수한 특색을 가지게 되었다.

예를 들면 영구자석 동기 모터의 소형 고출력화 또는 최대 허용토크와 정격 토크 비율의 증대 등을 일례로서 들 수 있다.

이와같은 자성재료의 다양화로, 각각의 특색을 살린 영구자석 동기 모터의 출현으로 가격 등의 경제적 요소를 가미해서 용도에 적합한 전동기를 선별할 수 있게 되었다.

동기 모터는 전기자 회전형과 계자 회전형이 있으나 영구자석 동기 모터는 계자 회전형이 일반적으로

많다.

영구자석 동기 모터를 계자 회전형으로 하는 경우에는 영구자석은 회전축상에 설치되므로, 회전부분에서의 발열은 없어지고, 고정자측에 시설한 전기자가 발열하게 된다.

고정부인 전기자에서 발생한 열은 외피를 통해서 대기 중에 방산되므로 회전부분에서 발열이 있는 경우보다도 모터의 냉각이 용이하다.

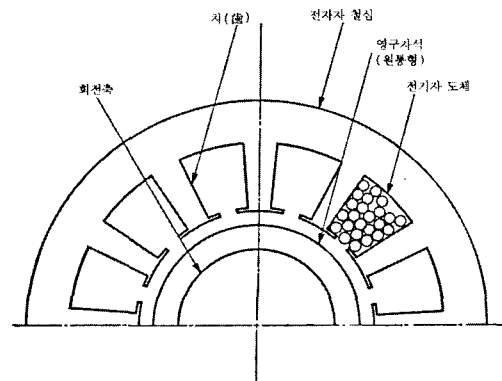


그림 1. 원통형 영구자석 동기 모터의 단면도

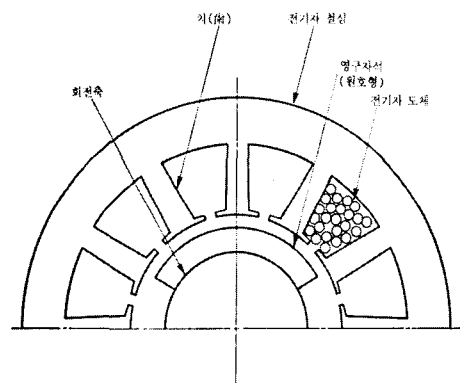


그림 2. 돌극형 영구자석 동기 모터의 단면도

또한 기계를 구성하는 요소에 대해서 본다면, 계자 회전형의 영구자석 동기모터에서는 전기자 회전형인 것보다도 작아지는 잇점이 있다.

이 때문에 영구자석 동기 모터에서는 계자 회전형이 채택되고 있다.

영구자석 동기 모터의 계자극의 모양에 대해서 살펴보면, 원통형과 돌극형으로 분류된다. 그림 1은 원통형 영구자석을 계자극으로 사용하는 원통형 영구자석 동기 모터의 가로방향의 단면도를 표시 하였다.

그림 2은 원통형 영구 자석(C형 영구자석이라고도 함)을 계자극으로 하는(돌극형) 영구자석 동기 모터의 가로방향의 단면도를 보여준다. 영구자석 동기 모터는 계자극의 모양에 따라 전압, 전류의 관계에 차이가 생긴다[2].

2.2 유도기형 AC 서보모터

유도기형 AC 서보모터의 구조는 일반 유도기(Induction Motor)의 구조와 똑 같다. 즉, 고정자 측은 프레임, 고정자 코어, 전기자 권선, 리드선으로

구성되어 있고, 회전자는 샤프트, 회전자 코어 그리고 코어 외경에 도전체(Conductor)가 조립되어 있다.

컨덕터는 코어 외경에 축 방향으로 경사지게 많은 슬롯이 나 있는데 링 형상의 코어 양 단면과 슬롯에는 순도 높은 알루미늄 봉이 차 있어서 바구니 모양과 비슷하다.

유도기의 경우 회전자와 고정자의 상대적인 위치 검출 센서가 필요치 않다. 유도기형은 회전자 구조가 간단하고 검출기도 특수한 것이 필요없다.

그러나 정지시에도 여자전류를 계속 흘려야 하므로 이것에 의한 발열 손실과 비상 정지시에 DC서보모터와 같이 전기자 권선을 단락하여 다이내믹 브레이크를 걸어주는 것이 불가능한것 등의 결점이 있다.

여자 전류성분과 토크 전류성분의 곱에 비례한 토오크를 발생하고 수(kW) 이상의 대용량기에 적합하다.

다음은 각 서보모터의 장단점을 종합해서 정리한

표 1. 각 서보모터의 장단점

종 류	장 점	단 점
DC 서보모터	<ul style="list-style-type: none"> · 기동토크가 크다. · 크기에 비해 큰 토크 발생 · 효율이 높다. · 제어성이 좋다. · 속도제어범위가 넓다. · 비교적 가격이 싸다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 브러시 마찰로 기계적 손실 크다. · 브러시의 보수가 필요. · 접촉부의 신뢰성이 떨어진다. · 정류에 한계가 있다. · 사용환경에 제한이 있다. · 방열이 나쁘다.
동기기형 AC 서보모터	<ul style="list-style-type: none"> · 브러시가 없어서 보수 용이 · 내 환경성이 좋다. · 정류에 한계가 없다. · 신뢰성이 높다. · 고속, 고투오크 이용 :가능. · 방열이 좋다 	<ul style="list-style-type: none"> · 시스템이 복잡하고 고가. · 전기적 시정수가 크다. · 회전 검출기가 필요 · 2-3Kw가 출력한계
유도기형 AC 서보모터	<ul style="list-style-type: none"> · 브러시가 없어서 보수 용이. · 내 환경성이 좋다. · 정류에 한계가 없다. · 자석을 사용하지 않는다. · 고속 고투오크 이용 :가능. · 방열이 좋다. · 회전 검출기가 불필요. 	<ul style="list-style-type: none"> · 시스템이 복잡하고 고가. · 전기적 시정수가 크다. · 출력은 2-3Kw이하가 거의 없다.

것이다[3].

3. 교류 서보 모터의 구조 및 구동 원리

3.1 구조

AC 서보 모터의 소형 고성능화에는 권선법의 개선과 분할 철심의 채용에 의해 다음과 같은 특징을 갖는다[4].

- 1) 코일 엔드를 최소화 한다.
- 2) 슬롯 내의 권선 점적률을 높혀 이에 따른 권선 저항값 저하와 온도 상승을 억제하여 방열 효과를 양호하게 한다.
- 3) 권선 슬롯부에 합성수지를 충전함으로써 모터 동체의 강성을 높게 할 수 있다.

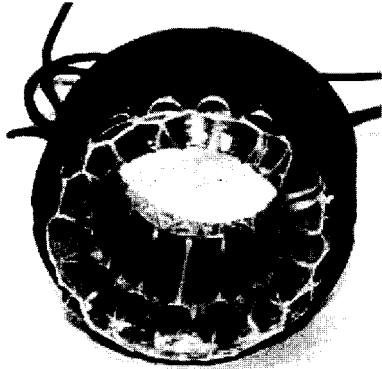


그림 3. 분포권선형 고정자

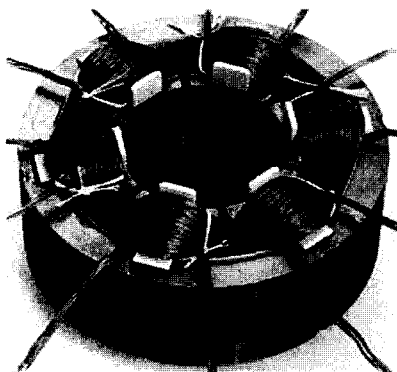


그림 4. 집중권선형 고정자

그림 3는 종래의 분포권선 고정자 단면이다. 각 코일의 권수 조절을 할 수 있으며 그에 의하여 갭 지속 분포를 변경하는 것이 가능하기 때문에 토크 리플을 용이하게 내릴 수 있는 특징이 있다.

그러나, 그림에서 볼 수 있듯이 고정자 단면 슬롯에 복수의 코일 다발이 걸치기 때문에 코일 엔드가 커져 슬롯 내에 삽입된 권선 점적률이 올라가지 않는다.

또한 분포권선용 슬롯은 집중권선용에 비해 면적이 작고 또한 폴의 수가 많다. 그림 4에는 초기형태의 개량된 집중 권선용 고정자 코어를 보인다.

그림 4에서와 같이 집중 권선의 코일을 폴에 직접 감거나 또는 대부분의 경우 집중 권선 코일을 스테이터 안지름 슬롯 개구 홈에서 삽입한다. 이 경우에 그림 3의 슬롯 내 권선 점적률 보다 높은 점적률이 가능하다.

또한 점적률을 올리는 방법으로서 그림 4의 상부 T자 사선부분을 분할할 수 있으며 T자 코어의 스테이터 폴 표면에 절연 대책을 강구하여 직접 권선 할 수 있다.

표 2. 모터 종류별 특성비교

모터종류	DCM	DM	SPMSM	IPMSM	SRM
최대효율 (%)	85~89	94~95	85~97	95~97	<90
효율(%) 10%부하	80~87	79~85	90~92	91~93	79~96
최대 회전수 (rpm)	1000 ~5000	9000 ~15000	5000 ~10000	9000 ~12000	<15000
비용/출력 (\$/kW)	10	8~12	10~15	9~13	6~10
제어장치 비용	1	3.5	2.5	2.5	4.5
견고성	양	우수	양	우수	양
신뢰성	보통	우수	양	우수	양

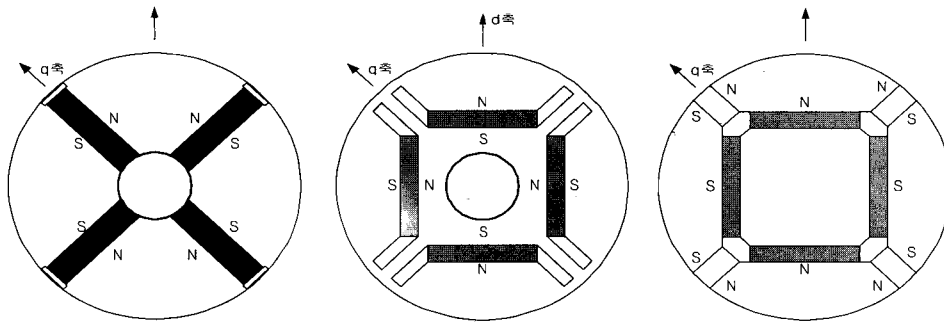


그림 5. IPM 로터 코어 단면의 종류

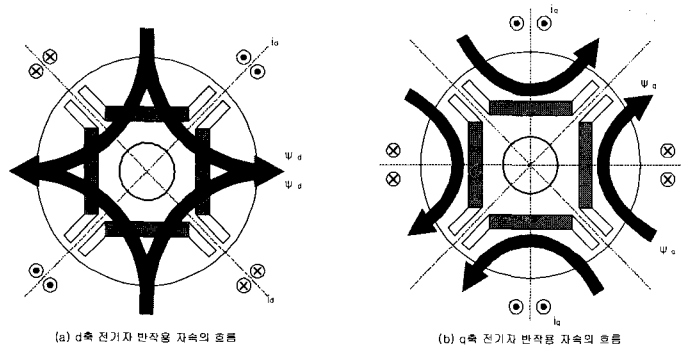


그림 6. IPM 토크 발생원리

주위에 장애물이 없기 때문에 권선 코일을 정렬하여 견고하게 직접 권선 할 수 있으며, 결과적으로 높은 권선 점적률의 개선효과를 얻을 수 있다.

3.2 IPM형 서보 모터

동기형, 유도형 AC 서보 모터는 잘 알려져 있지만 최근에는 IPM (매립 자석형 모터)을 서보 모터에 응용한다. 종전의 동기형을 SPM, 유도형을IM이라고 하는데, IPM, SPM이 모두 영구자석에 의한 자계를 이용하기 때문에 IM에 비해 고효율, 고역률 이다.

또한 IPM은 SPM과는 달리 자석이 코어에 매설되어 있으므로 원심력에 강하다.

따라서 고속회전, 대출력기 등 로터의 주속도가 높은 용도에도 적합하다. 또한IPM은 리럭턴스토크를

이용할 수 있으므로 정출력 제어의 적용범위가 SPM 보다는 넓다.

그림 7에는 IPM 로터 코어 단면 종류를 보이고, 그림 8은 IPM의 토크 발생 원리를 보인다.

3.3 모터의 고성능화에 기여하는 재료 기술

모터 고성능화에 기여하고 있는 재료의 진보로서 Nd-Fe-B(네오드뉘,철,보론 자석)의 출현에 의하여 모터 사이즈의 축소가 되었으며, 고분자화학의 진보에 따라 절연재의 고성능화가 실현되었다.

또한, 철심재, 권선은 작업성 개선을 이루었다. 설계시 시뮬레이션 기술의 이용이 가능하게 되어 자장 해석과 운동방정식의 연성해석을 시뮬레이션 함으로써 개발기간을 대폭적으로 단축할 수 있게 되었다.

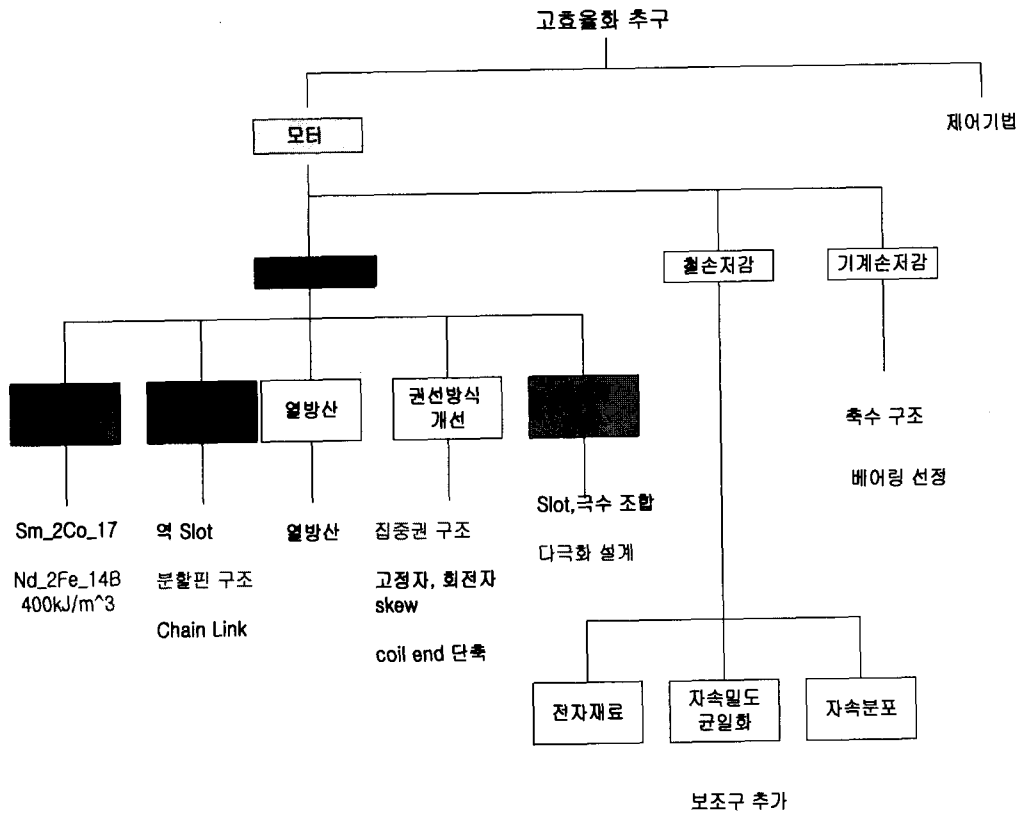


그림 7. 서보 모터 고성능화 주요 사항

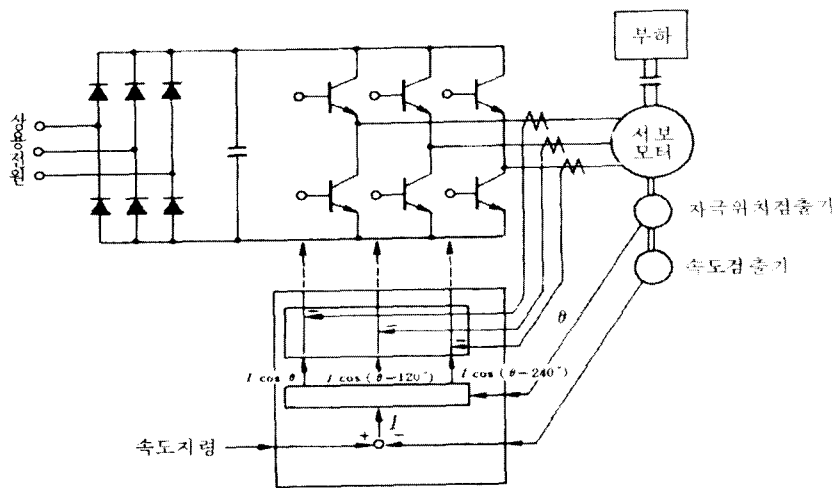


그림 8. AC서보모터의 구동원리

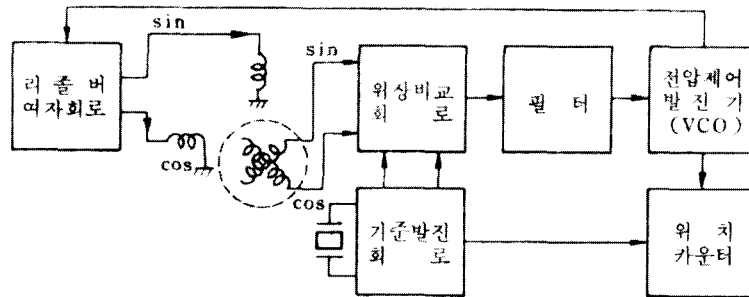


그림 9. PLL리졸버 위치, 속도 검출 방식

그림 7에서는 서보 모터의 고효율화와 관련된 내용을 나타내었다.

이를 기본으로한 영구 자석 전동기의 설계 및 착자 기술은 참고문헌 [6]에 수록되어 있다.

3.4 구동원리

전항에서 토크발생의 원리를 설명했는데 이항에서는 제어기를 포함한 구동원리를 설명한다[5].

그림 8은 검출기, 제어기를 포함한 구동원리이고 서보모터에 부착된 속도검출기의 속도신호와 속도 지령을 대조하여 전류의 진폭을 준다.

또, 자극위치 검출기에서의 각도 신호에서 서로간의 전류위상을 만들어 진폭값과 맞추어 기준전류신호로 한다.

이 기준전류신호와 전류피드백 신호를 대조해서 PWM(펄스폭변조)제어의 게이트 신호를 만든다.

다음에, 검출기로서 리졸버(회전각도 검출기)를 사용한 각도(위치), 속도 검출회로를 그림 9에서 설명한다.

여자회로에서 2상의 여자를 넣으면 리졸버축의 회전각의 이동된 신호가 얻어진다.

이 출력신호와 기준발전회로의 위상비교를 하여 위상차에 따른 전압신호를 만들어 전압제어발전기

(VCO : Voltage Control Oscillator)에 주면, VCO에서는 이 전압에 따른 주파수를 출력한다.

이것을 여자신호에 가함으로써 기준발전회로와 리졸버 출력위상이 항상 일치하도록 VCO출력과 기준발전회로의 위상 어긋남에서 회전위치가 얻어진다.

이와같이 리졸버 1개로 자극위치검출, 속도검출, 회전위치검출이 모두 가능하다. 다른 방식에서는 자극위치검출기와 위치검출의 엔코더 또는 속도검출의 타코제너레이터(전압 발전기)를 조합해서 사용할 필요가 있는데, 최근에는 복합형인 여러 가지 검출기가 사용되고 있다.

리졸버의 특징은 다음과 같다.

- ① 구조가 모터와 같으므로 견고하고 내열성도 우수하다.
- ② 전송신호가 엔코더에 비해 저주파인 정현파이어서 노이즈에 강하다.
- ③ 신호처리회로가 복잡하다.

3.5 AC서보모터의 제어장치

AC서보모터의 제어장치구성 예를 그림 10에 나타내었다.

제어장치는 크게 나누어서 파워부와 제어부로 구성

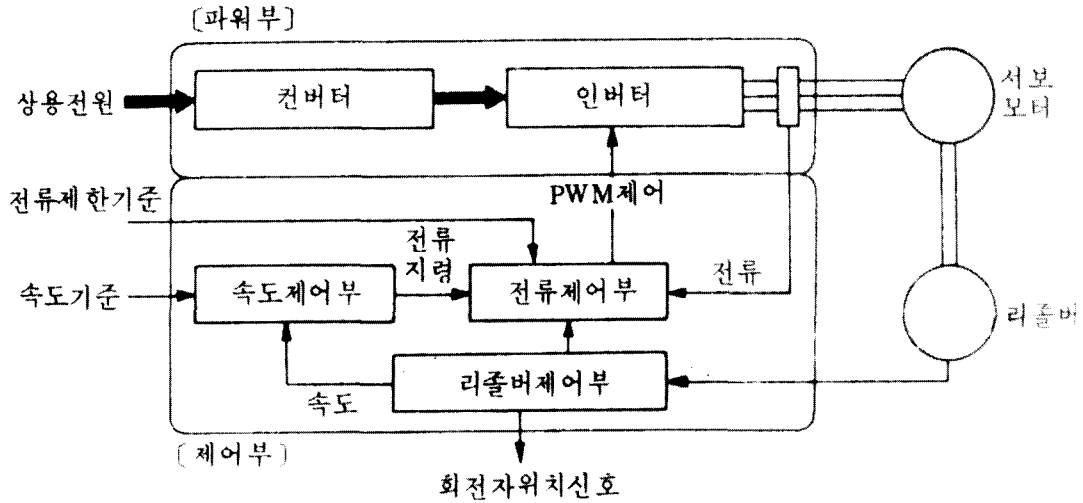


그림 10. AC서보모터의 제어장치 구성에

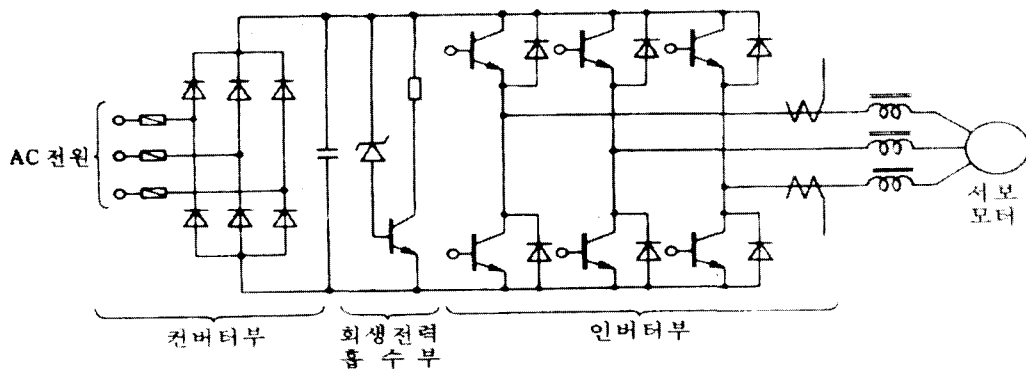


그림 11. 파워부 구성

되며 제어부에는 여러 가지의 보호기능이 포함된다. 제어부에 대한 좀더 자세한 내용은 참고문헌(7)에 수록되었다.

① 파워부

파워부는 그림 10와 같이 컨버터부, 회생전력흡수부, 인버터부가 3개 부분으로 구성되어 있다.

그림 11은 파워부의 구성을 보여준다.

컨버터부는 상용전원(교류)을 정류하여 직류로 변환

하는 다이오드 브리지와 평활콘덴서로 구성되어 있다.

회생전력 흡수부는 회생운전에 의해 부하에서 되돌아가는 전력을 우선 콘덴서에 흡수하고 콘덴서전압이 일정치를 넘으면 트랜지스터가 ON하여 저항에 의해 회생전력을 열소비한다.

인버터부는 직류전원에서 임의 주파수의 정현파전류를 PWM제어에 의해 만들고 있다.

② 제어부

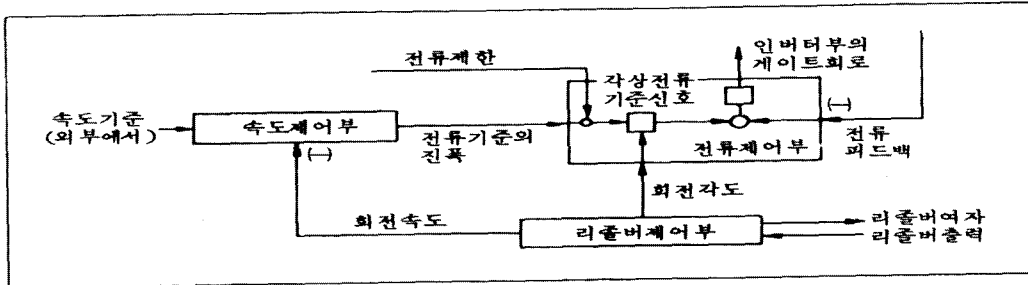


그림 12. 제어부의 신호관련도

제어부는 속도제어부, 전류제어부, 리졸버제어부, 그리고 보호회로로 나뉜다. 각각의 관계를 신호로 표시하면 그림 12와 같다.

리졸버제어부에서는 구동원리에서 설명한 것과 같이 리졸버(그림 9)를 사용해서 회전각도와 회전속도 신호를 만든다.

속도제어부에서는 이 회전속도를 피드백하여 속도 기준과 대조하여 가속 또는 감속을 위한 전류진폭을 결정한다.

전류제어부에서는 이 전류진폭과 리졸버제어부에서의 회전각도신호에 의해 각상의 전류기준신호를 만들어 전류 피드백신호와 대조해서 인버터부의 각상트랜지스터의 ON,OFF를 제어한다.

위 : rpm] 정격 전기자 전압에서 무부하 운전했을 때 도달하는 속도

④ 최고 회전속도(maximum speed) [기호 : N_{max} , 단위 : rpm] 사용할 수 있는 최고 회전속도, 이 때의 연속 사용 부하 토크 순시 토크는 제한된다.

⑤ 과속도(overspeed) [기호 : N_{ov} , 단위 : rpm] 과속도 시험을 하는 무부하 최고 회전속도.

주) 온도포화직후

$$N_{ov} = 1.25N_{max}, \dots, 1 \text{ min}$$

⑥ 정격 전기자 전압(rated armature voltage) [기호 : V_R , 단위 : V]

기준으로 하는 정격 동작점에서의 전기자 전압.

주) $\theta_2 \leq 40^\circ\text{C}$

K_E 값 : 온도포화 후, R_2 값 : 온도포화 후

4. 서보 모터의 용어와 쌍의[3]

① 정격출력(rated output) [기호 : P_R , 단위 : kW] 정격동작점에서의 모터 출력

$$P_R = T_R \cdot N_R \cdot \frac{9.8}{100} \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot 10^{-3}$$

② 정격회전속도(rated speed) [기호 : N_R , 단위 : rpm] 기준으로 하는 정격 동작점에서의 회전속도

③ 무부하속도(no-load speed) [기호 : N_0 , 단

⑦ 정격 전기자 전류(rated armature current) [기호 : I_R , 단위 : A] 기준으로 하는 정격 동작점에서의 전기자 전류.

주) $\theta_2 \leq 40^\circ\text{C}$, θ_2 : 냉매온도

⑧ 순시 최대 전기자 전류(peak armature current) [기호 : $I_p(N)$, 단위 : A] 전기자에 순간

기술해설

적으로 흐르는 최대의 전류로서, 회전속도의 관계로서 정해진 영구 자석의 감자, 기계적 강도, 정류특성 및 각부의 온도 상승한도로 제한된다.

주) $\theta_w \cong \theta$ (열시 : 열이 가해졌을때) $\theta_w \cong 40^\circ$
(냉시 : 열이 내려갔을 때)

⑨ 순시 최대 stall 전기자 전류(peak armature current at stall) [기호 : I_p , 단위 : A]
 $I_p(N=0)=I_p$ 는 $I_p/I_R * 100\%$ 로 나타내도 좋다.
열이 가해졌을시와 차가워 졌을 때에서 I_p 가 다른 경우는 작은 쪽을 취한다.

주) θ_w : 권선온도, θ_R : 정격온도

⑩ 정격 전력률(rated power rate) [기호 : Q_R , 단위 : KW/s] 모터 단체를 정격 토크로 가속하였을 때 모터가 발생하는 출력 속도.

$$Q_R + (P_R/T_R \cdot 10^3 = (T_R^3/J_M) \cdot \frac{9.8}{100} \cdot 10^{-3}$$

주) J_M : 모터 관성 [$kg \cdot cm \cdot s^2$],

T_R : 정격 토크 [$kg \cdot cm$]

⑪ 토크 리플(torque ripple) [기호 : K_{Tr} , 단위 : %] 극저속에서 정격전류를 흘렸을 때의 출력 코트 변동분을 평균 토크에 대한 백분률로 나타낸 것

$$K_{Tr} = \Delta T_{R-p} / T_{Ravg} \cdot 10^2$$

⑫ 회전자 순시 관성(rotor moment of inertia) [기호 : J_M , 단위 : $kgf \cdot cm \cdot s^2$] 회전자축에 관한 관성 모멘트,

$$J_M [kgf \cdot cm \cdot s^2] = \frac{1}{980} \cdot \frac{GD^2}{4} [kgf \cdot cm^2]$$

⑬ 기계적 시정수(mechanical time constant) [기호 : t_m , 단위 : ms] 부하를 끊었을 때의 모터 단체로 정전압을 인가했을 때부터 모터 회전속도가 그

포화치의 63%에 이를 때까지 가속하는 데 필요한 시간,

주) $\theta = 20^\circ C$

$$N = N_{\infty} (1 - \xi^{-t/t_m})$$

⑭ 전기적시정수(electrical time constant) [기호 : t_e , 단위 : ms] 모터를 구속해 놓고 전기자에 정전압을 인가했을 때부터 전류가 그 포화치의 63%에 도달하는 데 필요한 시간,

주) $Q_m = 20^\circ C$

$$t_e = L_2 / R_2$$

$$I = I_{\infty} (1 - \xi^{-t/t_e})$$

⑮ 정격 토크(rated torque) [기호 : T_R , 단위 : $kgf \cdot cm$] 정격 동작점에서의 출력 토크,

온도포화 후의 K_T 를 사용한다.

주) K_T : 온도포화 후, 자기포화 후

⑯ 연속 스텔 토크(continious torque at stall) [기호 : T_s , 단위 : $kgf \cdot cm$] 모터 구속에서 스텔 전류 I_s 를 흘려 온도포화 후 발생하는 출력토크

주) K_T : 온도포화계수, 자기포화 후

⑰ 순시 최대 토크(peak torque) [기호 : $T_p(N)$, 단위 : $kgf \cdot cm$] 순시 최대 전기자 전류에 의해서 발생하는 출력 토크.

⑱ 토크 정수(torque constant) [기호 : K_T , 단위 : $kgf \cdot cm/A$] 전기자 전류에 의한 발생 토크비,

$$K_T = \frac{100}{9.8} \cdot \psi$$

⑲ 동작특성(operating characteristics) x,y 평면좌표에서 속도 및 전류를 y축에, 모터를 x축으로 한 속도=토크 및 전류-토크를 평면으로 나타내는 성

능을 말한다.

(토크-속도 곡선, 토크-전류 곡선, 각종 영역 등)

㉑ 연속정격영역(continuous duty zone) 최고 회전속도 이하로 연속운동하고 모터 각 부의 온도상승이 그 온도 상승한도를 초과하지 않는 토크와 회전속도의 범위를 말한다.

주) $\theta_a \leq 40^\circ\text{C}$

㉒ 반복정격영역(intermittent duty zone) 최고 회전속도 이하에서 여러 가지 부하 시간율로 각각 반복 연속 운전하고, 모터 각부의 온도 상승치가 그 온도 상승한도를 초과하지 않는 토크와 회전속도 범위 내의 정류상태와 감자를 고려하여 정해지는 영역을 말한다.

주) $\theta_a \leq 40^\circ\text{C}$

㉓ 가속, 감속영역(acceleration, deceleration zone) 가속, 감속할 때, 과도적으로 통과하는 토크와 회전속도의 영역에서 모터 각 부분의 온도 상승 값이 그 온도상승 한도 이하이고, 정류상태가 유해하지 않은 범위와 감자를 고려해서 정해지는 영역을 말한다.

주) $\theta_a \leq 40^\circ\text{C}$

㉔ 회전자 관성(rotor inertia) [기호 : J_M , 단위 : $\text{kg} \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^2$] 회전자의 회전축에 관한 관성이다.

$$J_M[\text{kg} \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^2] = \frac{1}{980} \cdot \frac{GD^2(\text{kg} \cdot \text{cm}^2)}{4}$$

5. 결 론

본 기술동향에서는 최근 주목받고 있는 영구자석형 동기 모터의 종류, 구조 및 동작원리에 대하여 기술하였다.

그리고 서보 모터를 사용시에 많이 언급되는 용어

와 정의에 대하여 언급하였다. 영구자석형 동기 모터는 범용성의 면에서는 유도전동기에 비하여 뒤지나 소형화, 에너지 절약 및 이용 효율화점에서 점점 사용이 커질것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 정밀 제어 모터, 신기술 동향 보고서, 특허청, 2002.
- [2] 원종수, 원충연, 김광현, AC서보 모터와 마이컴 제어, pp.127~145, 동일출판사.
- [3] 대우종합기계 전자 기술팀, 서보의 기초, 2000.
- [4] IT기반 나노제어 시스템 개발에 관한 산업 분석, 연구 기획 사업 보고서, 2002.
- [5] 제어용 모터 기술 활용 매뉴얼, pp.224~232, 도서출판 세운, 2001.
- [6] 윤중석, 김광현, "영구자석 동기전동기(PMSM)의 설계 및 착자 기술", pp.18~23, 2002.
- [7] 이용중, 유우중, 산업용 서보 모터의 제어시스템 설계, pp.157~166, 대영사, 1999.

◇ 저 자 소 개 ◇



원 충 연(元忠淵)

1955년 5월 10일생. 1978년 성균관대 공대 전기공학과 졸업. 1980년 서울대 공대 대학원 전기공학과(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1991년 12월~1992년 12월 미국 테네시 주립대학 전기공학과 방문교수. 현재 성균관대 전기전자 및 컴퓨터 공학과 교수, 전력전자학회 부회장, 본 학회 편수위원.