

부하에 따른 소형전동기의 선정

이은웅*, 김일중**

(*충남대 공대 전기공학과 교수,

**주성전문대 전기과 전임강사)

1. 서 론

오늘날 경제와 산업의 발전은 각종 요소기술의 발달에 의존하는 바가 크며 세계적으로 첨단산업을 선도하고 있는 선진국의 경우를 보면 신소재의 개발, 고도의 기계가공 기술, 설계 및 제어기술등 생산기술의 향상을 기업 뿐 아니라 국가적 목표로 하고 있다. 1980년도 부터 주목을 받고 있는 메카트로닉스 분야의 중요 핵심기인 소형전동기의 성능향상은 응용기기의 소형화와 고성능화를 가능케 하였으며, 신소재의 개발과 함께 성능 면에서 매우 우

수한 새로운 소형 액츄에이터(actuator)의 출현이 기대된다.

소형전동기에는 그 종류가 대단히 많고 마이크로 컴퓨터와 결합된 제어기술의 발달에 따라 이용 개소도 매우 광범위하다. 그림 1은 기존의 電磁力을 이용하는 電磁形전동기와 자기에너지가 에너지 변환 과정에 존재하지 않는 새로운 원리의 電氣力 및 기타 소형전동기를 응용분야와 함께 표시하고 있다.[1] 그림 1에서 알 수 있듯이 전자력 전동기는 일부 특수한 분야를 제외하고 거의 모든 용도에 적합한 기존의 전동기이며 이에 비해 전기력 및 기타

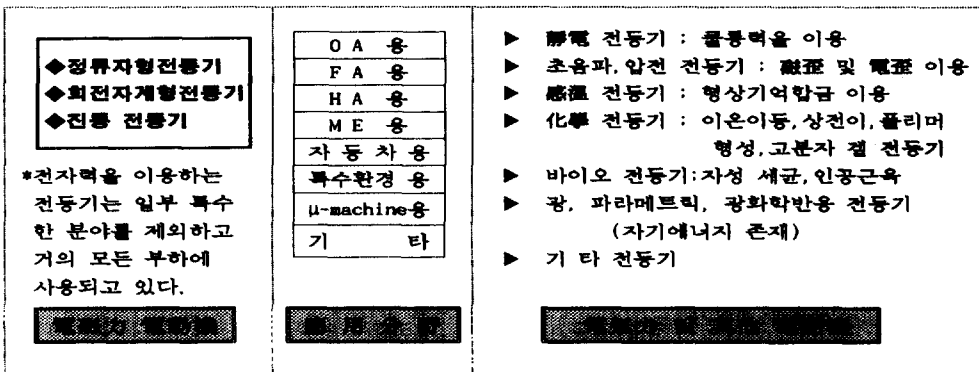


그림 1. 각종 소형전동기의 종류와 그 응용분야

표 1. 소형전동기의 기능 및 용도에 의한 분류

제어용 전동기	위상제어	직류 서보 전동기	철심없는 서보 전동기	원통(cup)형 전동기	
			슬롯 서보 전동기	판(plate)형 전동기	
			슬롯없는 서보 전동기	원판(disk)형전동기	
		교류 서보 전동기	유도형 서보 전동기	2상 서보 전동기	
			동기형 서보 전동기	3상 서보 전동기	
		스테핑 전동기	영구자석형 전동기	싱크로	
			가변리터턴스형 전동기		
			하이브리드형 전동기		
		직선형 전동기	직선형 전동기	직선형유도전동기	
				직선형동기전동기	
	직선형직류전동기				
	직선형펄스전동기				
	직선형전자펌프				
	속도제어	FG 직류전동기	철심 전동기		
			철심없는 전동기		
		TG 유도전동기	유도 전동기		
			정역 운전 전동기		
		브러시없는 홀 전동기			
		FG 동기 전동기			
	가버너 전동기				
토오크전동기	유도 토오크 전동기	가동코일형			
		가동자석형			
		교류 토오크 전동기			
동력용 전동기	팬 전동기	교류 유도 팬	축류 팬		
			Sirocco 팬(블라워)		
			Cross Blow 팬		
		직류 브러시없는 팬			
		직류 팬	축류 팬		
			Sirocco 팬(블라워)		
	Cross Blow 팬				
	기어 전동기	직류 기어 전동기	교류 기어 전동기	와렌 전동기	
	구동용 전동기	교류 전동기	유도 전동기		
			동기 전동기		
직류 전동기		철심 전동기			
		철심없는 전동기			
수중 전동기	브러시없는전동기				
캔드 전동기					

부하특성에 적합하게 개발되는 전동기는 극히 일부의 특수용도에 한정되고 있다. 이러한 전동기는 개발이 완성되기 까지 해결해야 할 문제점들이 많지만 매우 높은 부가가치를 갖는다면 측면에 주목할 필요가 있다. 이밖에도 소형전동기는 구동원리, 부하의 종류 및 기계적인 구조에 따라 매우 다양하여 그 종류를 분류하는 작업도 쉽지 않다.

소형전동기는 통상 출력 70[W] 미만의 와트전동기와 밀리와트전동기를 비롯하여 극소형 마이크로와트 전동기를 일컫는데 최근 테이프 레코더, 녹화 재생기, 디스크 구동장치등의 음향 및 영상기기, 프린터, 개인용 컴퓨터, 복사기 등의 사무자동화 기기, 플로피디스크(FDD)와 하드디스크(HDD)장치등의 컴퓨터 주변기기, 카메라와 계측기 등의 정밀기기, 자동차 전장품 등에 소형전동기기 다양으로 사용되고 있다. 이와 같이 부하특성에 적합한 기존의 전동기를 선정하여 사용하거나 부하특성에 알맞는 전동기가 개발되고 있다. 소형전동기를 기능 및 부하용도에 따라 분류하면 표 1과 같다.[2]

2. 응용분야의 부하특성에 따른 소형전동기 선정

전동기의 종류별로 특정 부하에 알맞는 기종을 선정하는 것은 에너지 절약, 기기의 효율 및 기능 강화 등을 도모할 수 있기 때문에 대단히 중요하다. 이러한 작업은 사용자의 선호도, 사전 경험 및 현재 사용 중인 기계기구와의 호환성 등에 따라 이루어지는 것이 보통이다. 부하의 특성 및 종류, 그에 따른 전동기를 대별하면 다음과 같다.

- (a) 저속, 대토크 부하에 사용되는 전동기는 저속에서 전동기의 크기와 입력에 비해 출력토크가 큰 마이크로스테핑모터가 있으며, 정밀한 유속제어용 미터링 펌프 구동용으로 적합하다.
- (b) 고속, 대 토크 부하에는 서보 전동기가 적당하며 스테핑모터는 피하는 것이 좋다. 고속에서 스테핑모터의 손실은 모두 전동기를 과열시키는데 기여하기 때문에 동일한 크기의 스테핑모터보다 직류전동기가 유리하다.
- (c) 짧은 스트로크, 고속, 왕복운동 부하에는 스테핑모터나 하이브리드 서보 전동기가 사용

된다. 직류전동기의 브러시는 연속적인 기동, 정지 그리고 운동방향을 변화시키는데 많은 제한이 따른다.

- (d) 마찰력이 적고 관성이 크며, 부하 토크의 피크값과 평균값의 비가 큰 부하에는 직류서보전동기가 사용된다.
- (e) dut cycle이 매우 크며 고속을 요하는 부하에는 유지보수가 필요없는 브러시 없는 전동기를 사용한다.
- (f) 저속도 및 매우 높은 정속 운전을 필요로 하는 부하에는 마이크로 스테핑모터, 직접구동(DD)용 서보 전동기를 사용한다.
- (g) 열악한 환경이나 진공 중에서 운전되어야 하는 전동기는 브러시를 사용할 수 없다. 따라서 스테핑모터나 브러시 없는 전동기가 사용되며 과부하시 전동기의 과열을 초래할 수 있다.

부하에 가장 알맞는 전동기 및 구동기구를 선택하기 전에 먼저 부하의 일반적인 특성과 부하에 요구되는 전동기의 성능 범위, 동력전달기구의 결합 기술 등을 이해하고 있어야 한다.

이와 같이 전동기를 선정하는데 필요한 구동시스템의 주요 파라미터에는 다음과 같은 것이 있다.[3]

(1) 토크

회전력(토크; $[N \cdot m]$)은 직선력(힘 $[N]$)에 회전력이 작용하는 길이 $[m]$ 을 곱한 값으로 정의한다. 토크에는 기동 토크와 운전 토크가 있으며 기동 토크는 전부하 토크의 수 %에서부터 수 배에 이르기까지 다양하다. 기동 토크의 크기는 부하조건이나 구동기구의 마찰정도, 가동부분의 마모정도등 기계적 특성값의 변화에 따라 달라질 수 있다. 전동기 토크는 기동에서부터 정격 속도에 이르기까지 부하 토크보다 커야하며, 전동기 토크와 부하 토크의 차이가 크면 클수록 빨리 가속될 수 있다. 다시 말하면 부하의 관성이 크면 클수록 부하를 가속시키거나 감속시키는데 필요한 시간이 길어지게 된다. 감속기어등 동력전달 및 운동방향 변환기구를 사용하는 경우 구동시스템 전체를 구성하는 각 부분마다 회전속도가 모두 다르다. 이와 같은 경우에 전동기가 가져야 하는 소요 가속토크를 계산하려면 모든 회전 부분의 관성을 회전축에 작용하는 값으로 등가화시킬 필요가 있다.

부하의 등가관성 $J_{equi}[\text{kg} \cdot \text{m}^2]$ 은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$J_{equi} = (MR^2)(N_1/N_2)^2$$

J_{equi} = 등가부하관성 $[\text{kg} \cdot \text{m}^2]$,

MR^2 : 부하관성 $[\text{kg} \cdot \text{m}^2]$,

M : 부하질량 $[\text{kg}]$, R : 부하반경 $[\text{m}]$ N_1 : 부하 속도 $[\text{rpm}]$, N_2 : 전동기 속도 $[\text{rpm}]$

랙과 피니언, 벨트, 캠과 같은 회전운동을 직선 운동으로 변환하는 경우의 등가부하관성은 다음과 같이 계산한다.

$$MR^2 = \frac{1}{3,600} M(\nu/2\pi N)^2$$

ν : 변환된 직선속도 $[\text{m} / \text{s}]$, N : 회전속도 $[\text{rpm}]$

(2) 가속시간

전동기 구동시스템의 가속 시간은 부하토크에 반비례하고 시스템 전체 관성에 비례하게 된다. 일정 가속 토크를 갖는 전동기의 가속시간 $t[\text{s}]$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$t = \frac{MR^2(N_2 - N_1)}{1,010.5 T_a} [\text{s}]$$

T_a : 가속토크 $[\text{kg} \cdot \text{m}]$

만일 가속되는 동안 가속토크가 선형이 아니면 가속시간을 계산하기 어렵기 때문에 다음과 같은 방법을 사용한다. 가장 빠른 계산방법은 그림 2와 같이 구동장치의 속도 대 토크 곡선을 이용하는 것이다. 구동장치를 구성하는 각 요소마다 가속시간을 계산하면 전체 가속시간이 비교적 정확히 계산된다.

(3) 출력

전동기 출력 $P_o[\text{kW}]$ 은 통상 다음과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} P_o &= \omega \times T \\ &= 2\pi \frac{N[\text{rpm}]}{60} \times 9.8T[\text{kg} \cdot \text{m}] \times 10^{-3} \\ &= 1.03 \times NT \times 10^{-3} [\text{kW}] \end{aligned}$$

만일 부하가 일정 주기로 변화하는 경우 그림 3과 같은 곡선을 이용한다. 그림 3에서 최대값과 실

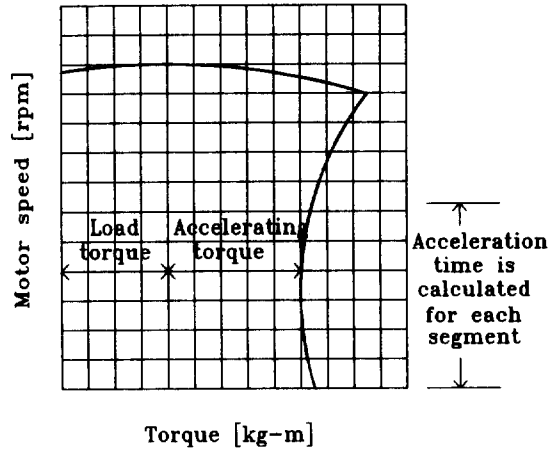


그림 2. 속도와 토크 곡선

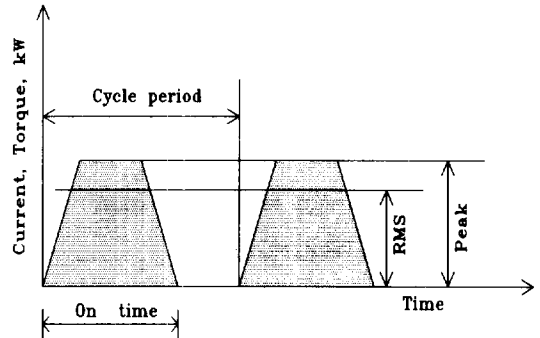


그림 3. 전동기의 기동-운전-정지

효율을 결정할 수 있으며 실효율은 전동기의 연속 정격을 유지하는데 필요한 크기를 나타낸다. 대부분의 부하는 팬이나 블라워와 같이 장시간 부하 크기의 변화없이 연속운전되고 있지만 컴프레서나 펌프와 같은 부하는 기동과 정지를 반복하게 된다. 이러한 부하에서는 최대값 보다 적은 용량의 전동기를 사용하는데 실효율을 계산하는 방법이 전동기의 크기를 결정하는데 가장 많이 사용되고 있다.

$$\text{부하의 실효율} = \text{부하의 최대값} \times \sqrt{\text{duty 비}}$$

(4) 효율

전동기 효율은 소형 유니버설 전동기의 약 30%에서부터 대용량 3상 유도전동기의 약 95%에 이르기 까지 매우 다양하다. 저효율 전동기에서 손실로 소비되는 전력은 적당한 부하의 선정과 설계기술의

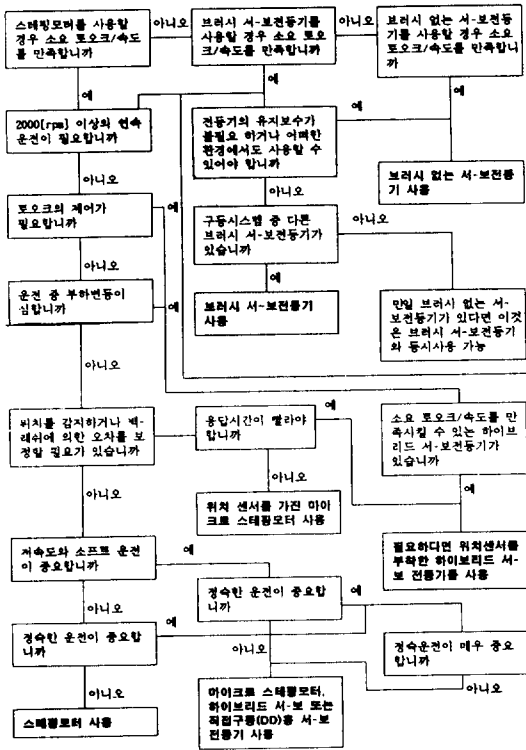


그림 4. 서-보용 소형전동기의 선정

개선으로 감소시킬 수 있다. 또한 전동기의 효율은 과부하나 저부하에서 급격히 낮아지기 때문에 전동기의 정격에 맞는 정격부하에서 운전하는 것이 바람직하다.

(5) 기타

위와 같은 파라미터 외에도 마찰력, 토크와 관성의 비, 분해능등도 고려하여 전동기를 선정하여야 한다. 그 예로 각종 응용기기의 구동에 필요한 서보용 소형전동기를 선정하는 흐름도를 그림 4에 보이고 있다.[4]

3. 구동방식에 따른 실용계산법

3.1 리드스크류(Leadscrew)구동

많은 응용기기에서 회전운동을 직선운동으로 변환하는 리드 스크류는 매우 광범위하게 사용되고 있다. 리드 스크류는 길이, 직경, 진행 피치등이 다

양하며 베어링으로 지지되는 너트의 형태에 따라 높은 정밀도의 위치제어가 가능한 동력 변환 기구이다. 일반적으로 10피치의 리드스크류와 25,000 [step/rev]의 전동기가 조합되어 1시스템량이 0.1[μm]이 되는 직선 분해능을 얻을 수 있다. 그림 5는 정밀 그라인더에 사용되고 있는 리드스크류의 모습을 보이고 있다.

응용분야 : 정밀 그라인더, X-Y플로터, 팩시밀리, 절단기, 전자현미경, 권선기, 슬라이드 등
 계산방법 : 부하질량 M, 리드스크류의 피치 p, 효율 e인 경우 부하 구동에 필요한 토크는 다음과 같이 계산한다.

$$T_i = T_f + T_a$$

$$T_f = \frac{F_f}{2\pi p e}$$

T_f : 마찰토크[kg-m], T_a : 가속토크

[kg-m], F_f : 마찰력[kg],

p : 리드스크류 피치[rev/m],

e : 리드스크류 효율[%]

마찰력 F_f 는 $F_f = fM$, (f : 마찰계수, M : 부하 질량[kg])를 이용하여 계산한다.

$$T_a = \frac{1}{g} (J_{load} + J_{screw} + J_{motor}) \frac{\omega}{t}$$

$$\omega = 2\pi p v, J_{load} = \frac{M}{(2\pi p)^2}, J_{screw} = \frac{\pi L p R^4}{2}$$

단, ω : 각속도[rad/s], t : 시간[s], v : 직선속도

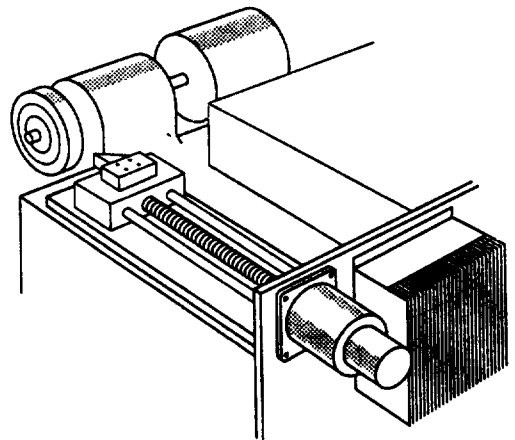


그림 5. 리드 스크류를 이용한 정밀 그라인더

[m/s]. L: 길이[m],
 ρ : 밀도[kg/m³], g: 중력 가속도 9.8[m/S²].
 J: 관성[kg-m²]

3.2 직접구동(Direct Drive)

전동기 자체가 고분해능을 가지고 있는 경우 기계적인 동력 전달 기구가 없어도 위치제어가 가능하다. 가감속 기구를 사용하지 않기 때문에 기기의 성능 및 효율을 향상시킬 수 있으나 전동기 오차가 시스템의 전체 오차로 작용하며 백래쉬등을 피할 수 없다. 로터리 인덱서, 팽 스캐너에 사용되는 예를 그림 6과 그림 7에 나타내고 있다.

응용분야 : 로터리 인덱서, 팽 스캐너, 분광기, 비행 시뮬레이터, 물류제어, 컨베이어 인쇄기, 광파이버, 필름 전송등

계산방법 :

(1) 원주형(Solid cylinder)

$$J_{load} = \frac{MR^2}{2} \text{ or } J_{load} = \frac{\pi L \rho R^4}{2}$$

$M = \pi L \rho R^2$ [kg], ρ : 실린더 밀도[kg/m³], R: 실린더 반경[m], L: 실린더 길이[m], 부하를 가속시키는데 필요한 가속 토크 T_a [kg-m]는

$$T_a = J a, a = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t}$$

a: 각 가속도[rad/s²], ω_2 : 최종 각속도[rad/

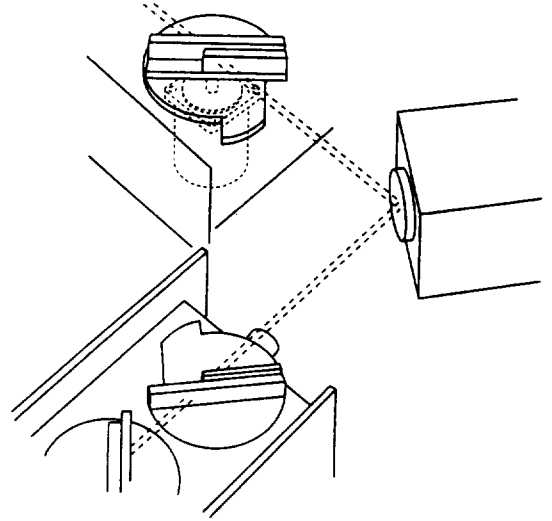


그림 7. DD방식의 팽 스캐너

s], ω_1 : 초기 각속도[rad/s], t: 속도변화 시간[s]

(2) 원통형(Hollow cylinder)

$$J_{load} = \frac{M}{2} (R_1^2 - R_2^2), \text{ or } J_{load} = \frac{\pi L \rho}{2} (R_1^4 - R_2^4)$$

$$M = \pi L \rho (R_1^2 - R_2^2)$$

R_1 : 실린더 외반경[m]. R_2 : 실린더 내반경[m], L: 실린더 길이[m]

$$T_t = \frac{1}{g} (J_{load} + J_m) \frac{\omega}{t}$$

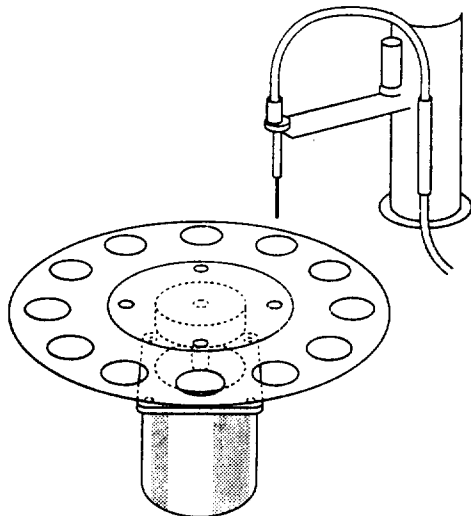


그림 6. DD방식의 로터리 인덱서

3.3 기어를 이용한 구동

스테핑 모터와 기어가 결합되어 운전되는 형태의 시스템은 가장 일반적인 사용방법이다. 기어는 일반적으로 구동시스템의 효율을 나쁘게 하며 백래쉬 및 소음을 발생시키게 된다. 그러나 부하관성이 매우 큰 경우 전동기에 직접적으로 전달될 전체 부하관성의 영향을 기어 비의 제곱으로 나누어 전달하기 때문에 이와 같이 대단히 관성이 큰 부하일 때에 유리하다.

응용분야 : 망원경 구동, 안테나, 컨베이어, 로봇트 다관절 구동

계산방법 :

$$J_{load} = \frac{M_{load}}{2} R_{load}^2 \left(\frac{N_{g2}}{N_{g1}} \right)$$

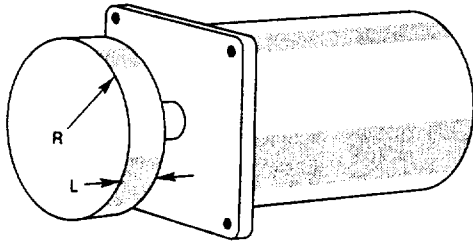


그림 8. 원주형

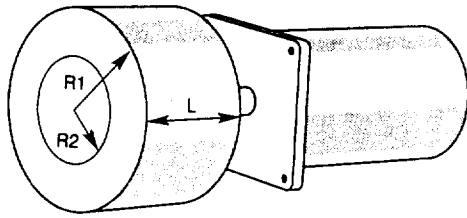


그림 9. 원통형

$$\text{또는 } J_{\text{load}} = \frac{\pi L_{\text{load}} \rho_{\text{load}}}{2} R_{\text{load}}^4 \left(\frac{N_{g2}}{N_{g1}} \right)^2$$

$$J_{g1} = \frac{M_{g1}}{2} R_{g1}^2 \left(\frac{N_{g2}}{N_{g1}} \right)^2$$

$$J_{g2} = \frac{M_{g2}}{2} R_{g2}^2$$

$$T_t = \frac{1}{g} (J_{\text{load}} + J_{g1} + J_{g2} + J_m) \frac{\omega}{t}$$

N_{g1} : 부하측 기어의 치수, N_{g2} : 전동기측 기어

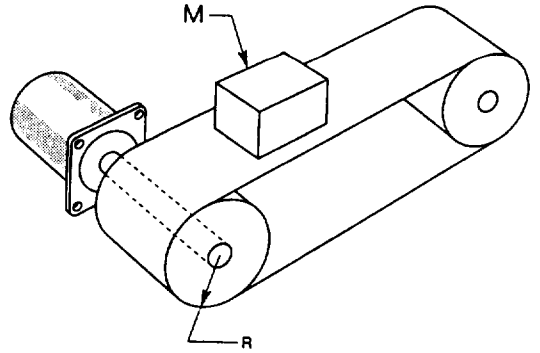


그림 11. 벨트와 풀리에 의한 접선구동

의 치수

3.4 접선구동(Tangential drive)

풀리 또는 래크와 피니언과 같이 직선형 부하의 구동을 위한 동력전달기구로 구성된다.

응용분야: 컨베이어, 필름 전송, 차트 구동, 광 스캐너, 슬라이드등

계산방법:

$$T_{\text{total}} = T_{\text{load}} + T_{\text{pulley}} + T_{\text{belt}} + T_{\text{motor}} + T_{\text{friction}}$$

$$T_{\text{total}} = \frac{1}{g} (J_{\text{load}} + J_{\text{pulley}} + J_{\text{belt}} + J_{\text{motor}}) \frac{\omega}{t} + T_{\text{friction}}$$

$$J_{\text{load}} = M_L R^2, J_{\text{pulley}} = \frac{M_p R^2}{2}, J_{\text{belt}} = M_B R^2,$$

$$J_{\text{friction}} = F_t R,$$

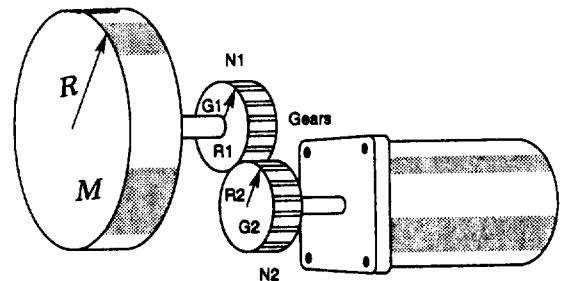
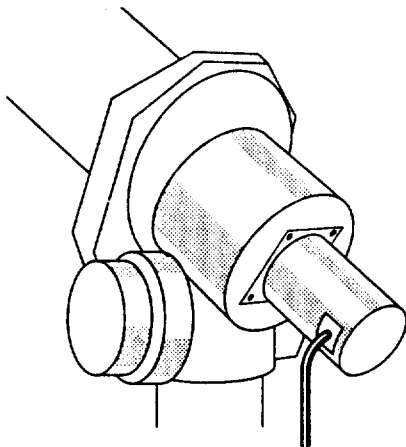


그림 10. 기어를 이용 망원경 구동예와 계산 모델

$$\omega = \frac{v}{R}$$

M_L : 부하 무게[kg], M_P : 폴리 무게[kg],
 M_B : 벨트 또는 래크 무게[kg]
 F_f : 마찰력[kg], R : 폴리 반경[m]

3.5 직접구동 직선왕복 운동 부하

직접구동방식으로 직선 왕복 운동이 가능한 직선형 전동기에는 LIM, LDM, LSM, LPM 등이 있으며 그 가운데 단위 입력당 출력이 가장 크며 초소형화가 가능한 정밀 위치제어용 전동기로는 LPM이 가장 유리한 특징을 갖는다.

응용분야

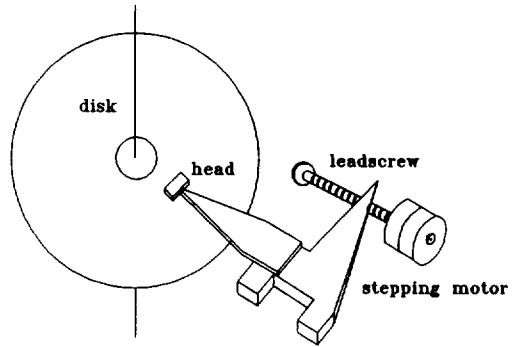
가. 정보기기 분야: 전자 타이프라이터, 프린터의 헤드 구동, X-Y 플러터의 펜 구동, OMR, OCR 카드 리더의 헤드 구동, 자기기록장치(FDD, HDD)의 헤드 구동, 복사기 렌즈구동, 이미지스캐너

나. 산업기계 분야: X-Y 테이블구동, 자동검색장치, 고정밀도를 요구하는 레이저 빔(Laser beam) 위치조정, 마킹(marking)장치의 펜 구동, 스폿트 용접(spot welding)의 위치 조정, 자동배선기의 태핑 건(tapping gun) 구동, 각종 생산 라인의 이동 및 위치조정, 완전 인공 심장용 액추에이터

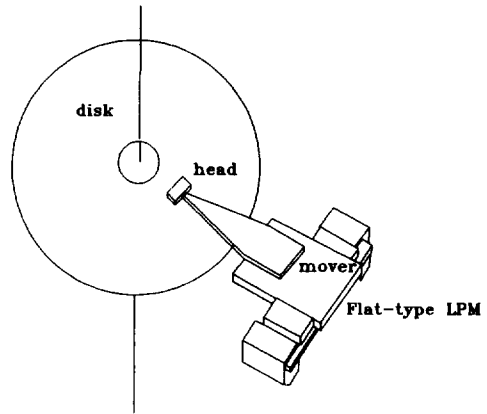
응용 예 : 컴퓨터의 소형경량화로 외부 기억장치로서 수요가 급증하는 FDD의 소형화는 디스크의 크기가 결정되어 있기 때문에 두께를 얇게하려는 노력이 요구되는 기기이다. 그 가운데 자기 헤드의 위치결정용 전동기로 사용되었던 각종 스테핑모터가 납작한 형태로 변화되었으며, 다시 평판형 LPM을 채용하므로써 25[mm]두께인 FDD의 제작이 가능하게 되었다.[5]

자기기록장치에서 정보를 쓰고 읽는 헤드구동용으로 그림12(a)와 같은 캐리지 모터(carriage motor)는 회전운동을 직선운동으로 변환시켜야 되며 리드스크류와 스틸 밴드에서 생기는 스크류의 마모, 폴리과 벨트 사이의 먼지 등에 의한 정밀도와 속도의 저하등이 문제가 된다. 이와 같은 캐리지 모터로 그림 12(b)와 같이 LPM을 사용하면 다음과 같은 잇점이 있다.

- a. 누설자속이 적다.
- b. 백래쉬(backlash)를 포함한 정상위치 오차가 $\pm 20(\mu\text{m})$ 이하로 된다.



(a) HB-type Stepping Motor



(b) Flat, HB-type LPM

그림 12. FDD의 위치결정 방식 비교

c. 개루프 제어로 정밀한 위치제어가 가능하다.

LPM을 FDD에 응용한 예로 미국과 일본에서 발표된 제원을 살펴보면 표 2와 같다.

4. 결 론

제어기술의 발달과 함께 고기능, 고정밀도의 소형전동기가 출현하게 되었으며 소재기술의 진보는 에너지의 고밀도화 및 고효율화를 가져왔다. 고도 산업 사회로 진행되는 과정에서 소형전동기의 수요는 큰 폭으로 증가하고 있으며, 다양한 부하특성에 적합한 소형전동기의 원활한 공급은 산업현장에서 매우 절실한 과제가 되고 있다. 또한 기존 전동기와 크게 다른 정전형 전동기와 같이 새로운 원리의 전

표 2. FDD용 LPM의 제작회사별 제원 [6]

항 목 \ 제작사	H 社	O 社	T 社	S 社	일본 S 社
스텝 량 [mm]	0.2646	0.2646	0.1323	0.1881	0.1875
Track간 이동시간[ms]		3		3	
위치 결정 정밀도[μ m]		± 15	± 10	± 10	± 10
여 자 방 식	3상 VR, CLPM	2상 HB, CLPM	2상 HB, CLPM	2상 HB, FLPM	2상 HB, FLPM
입 력	1.4[A]/6[V] , 8.4[W]	0.25[A]/12[V], 3[W]	0.25[A]/12[V], 3[W]	5[V], 1[W] 이상	0.22[A]/12[V], 2.64[W]

동기가 출현하여 관심이 작은 부하에 채용되기 시작하였고, 여러 분야의 요소기술이 결합되어 극소형 마이크로 전동기의 출현이 가능하게 되었다.

그러나 국내에서 소비되고 있는 대부분의 소형전동기는 외국으로 부터의 수입에 의존하고 있기 때문에 외화의 유출과 국내 생산기술 개발에 필요한 기초 설계기술 확보의 어려움을 초래하고 있다. 따라서 낙후된 설계 제작 기술에 더욱 관심을 가지고 새로운 소형전동기를 개발하여야 하겠다.

본고에서는 각종 소형전동기를 분류하고, 특히 제어용 전동기를 중심으로 각종 부하에 대한 소형전동기의 선정방법과 전동기를 포함한 시스템 전체의 효율과 생산성 향상 측면을 고려하여 동력전달 기계기구를 설계하는데 필요한 실용 계산 방법을 소개하였다.

참 고 문 헌

- [1] 高精度 高附加價値化의 小型모터, 日刊工業新聞(日本), 1993. 1. 18
- [2] 대한전기학회 기술조사보고 제3호, 대한전기학회, pp. 1-10, 1992
- [3] Electrical & Electronics Reference Issue, Machine Design, Vol. 57, No. 12, pp. 9-10, 1985
- [4] Positioning Control Systems and Drives, Parker, pp. A62-A76, 1992
- [5] 리니어 모터 응용 핸드북, 세화, pp. 278-279, 1988

[6] 三輪鮮一朗 外, “리니어필스모터의 정보단말 기기, FA기기, 의료기기에의 응용”, (일본) MAG-86-34, pp. 91-100, 1986



이은웅(李殷雄)

1944년 8월 14일생. 1971년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 동대학원 전기공학과 졸업(공학). 1982~83, 1985~86년 캐나다 McGill 대학 방문교수. 1984~85년 당학회대전지부장. 1987~현재 평의원, 1989~90년 편수위원, 1991~92년 학술이사. 현재 충남대공대 전기공학과 교수, 당학회 편집이사.



김일중(金一中)

1958년 12월 10일생. 1980년 충남대 공대 전기공학과 졸업. 1992년 2월 동 대학원 박사과정 수료. 현재 주성전문대학 전임강사