

小形 電動機 技術動向

1. 序 言

70Watt이하의 小形電動機는 家電用과 自動車가 主가 되고 있으나 최근 사무기용과 산업용에의 응용분야를 확대하였다.

그것은 메카트로닉스에 의한 OA, FA의 진전에 따른 것이다. 家電用電動機는 100V 商用 AC 電源으로 직접 운전할 수 있는 콘덴서分相의 코일形 單相誘導電動機로써 팬, 펌프, 컴퓨터 등을 驅動하는 파워用이 主가 되었다. 또한 자동차용도 와이퍼, 핸, 블록 등을 12V배터리 전원으로부터 給電되는 웨라이트磁石界磁의 DC모터로서 驅動하는 파워用이 主가 되었다.

메카트로닉스를 위한 小形電動機는 현재 스테핑모터, DC서보모터, 브라시리스 DC모터 등이 主流를 이루고 있다.

이러한 OA와 FA의 악퀘터와 스핀들 드라이브로서 위치를 결정하는 서보, 速度制御 등에 쓰이며 파워보다 制御性이 重視되기 때문에 制御用 小形 電動機라고 불리운다. 이와 같은 小形 電動機의 技術動向을 한마디로 말하면 파워用으로부터 制御用으로 발전하고 있다고 말할 수 있다. 지금까지 이 制御用 小形 電動機의 종류, 驅動系의 구성, 性能의 개요에 관하여 해설과 기술동향을 전망한다.

2. 小形電動機의 種類

파워 일렉트로닉스의 발달에 따라 電力 變換

制御技術이 진보 보급되었기 때문에 같은 종류의 전동기에도 이것을 驅動할 電力變換器와 이 制御方式에 따라 달라진 性能과 特性機能이 나오게 된다.

이것은 電動機 單体로서 뿐만 아니라 電力變換器와 制御方式을 조합시켜 驅動方式으로서 분류할 필요가 있다. 表 1은 이와 같은 생각에서 小形電動機 驅動方式의 분류를 행한 것이다. 크게 보면 驅動方式은 5가지의 그룹으로 나뉘어 진다.

- (G 1) 誘導子形同期機의 商用電源運轉
- (G 2) 交流電動機의 電壓制御
- (G 3) 交流電動機의 周波數制御
- (G 4) 直流電動機의 사이리스터制御
- (G 5) 直流電動機의 트랜지스터制御

制御用小型電動機 驅動方式은 (G2) → (G4) → (G5) → (G3)으로 발전되고 있다고 생각하며 현재는 (G5) → (G3) 단계에 있다.

3. 制御用電動機 驅動系의 구성

制御用電動機는 單体로서 사용되고 있는 것은 적다고 말할 수 있다. 일반적으로 圖 1에 보는 바와 같이 驅動系를 구성하고 있다. 制御器는 檢出機로부터 오는 信號를 指令器로부터 오는 指令値와 비교하여 이 誤差를 增幅시켜 電力變換器에 보낸다. 電力變換器는 電源의 電力을 電動機의 종류에 따라 결정되는 최적의 電力으로

表 1 小形電動機驅動方式의 分類

電源	電動機 制 御 出 力 素 子 電 力		A C 모 - 터 (AM)									D C 모터 (DM)	
			同期機 (SM)	誘導子形 同期機 (ISM)	誘導子形 리 액 탄 스 모 터 (IRM)	리 액 탄 스 모 터 (RM)	히즈테리 즈 모 - 터 (HM)	三 相 誘導機 (IM3)	單 相 誘導機 (IM1)	整 流 子 모 - 터 (CM)	電磁石 EM	永 久 磁 石 PM	
													(G1) 다이 나 미 크 모 터
A C	스위치	定電壓 A C	(G1) 다이 나 미 크 모 터						(G2)				
	사이리스 타	可變電壓 D C	非 可 逆										
			可 逆										
	사이리스 타	可變電壓 D C	非 可 逆										(G4)
可 逆												可變速 D C 모 터 D C 서보모 터	
트랜지스 터	可 變 開 關 周 波 數 A C	開 루 프	(G3) 스테핑 모 - 터						可變速 A C 모 터				
		閉 루 프	브러시리스 D C 모 터			A C 서보모 터							
	스위치	定電壓 D C										(G)	
트랜지스 터	可變電壓 D C	非 可 逆										(自動用 모 터)	
		可 逆										可變速 D C 모 터 D C 서보모 터	

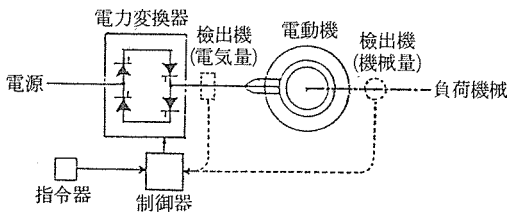


圖 1 制御電動機驅動系의 構成

변환하여 電動機에 공급한다. 電動機는 이 電力을 동력으로 變換해 負荷를 驅動하고 오차를 없애도록 한다.

이상과 같이 속도와 위치 등의 檢出機로부터 信號를 Feedback 制御할 閉루프方式 外에 전동기가 갖는 특성을 이용하여 이러한 檢出機를 쓰지 않는 開루프 方式이 있다. 예를 들면 誘導 電動機를 可變周波數의 電源으로 운전한다면 거의 주파수에 비례한 可變速度가 얻어지며 스테핑 모터는 펄스수에 비례한 出力角度가 얻어진

다. 서보모터에는 位置制御를 閉루프 方式으로 행하는 電動機 驅動系의 것이 있다. 制御用 小形 電動機 驅動系에는 먼저의 電源은 모두 商用 電源을 정류한 直流定電壓源이 쓰여지며 電力 變換器로서는 트랜지스터식이 쓰여진다.

電動機로서 直流 서보모터에는 永久磁石界磁의 直流모터 (DM), 스테핑 모터에는 PM(永久磁石)形, HB(하이브리드)形, VR(可變磁氣抵抗)形의 誘導子形同期機 (ISM · IRM) 交流 서보모터에는 永久磁石界磁의 同期機 (SM) 과 상자형 誘導機 (IM)가 쓰여지고 있다. 電動機 制御의 기본은 이 發生 토크를 동작상태에 관계없이 자유로 할 수 있는 것이다. 發生토크의 精度와 速應性이 電動機의 制御性能을 결정한다.

電力變換器로부터 電動機에 보내진 電力의 형태는 이 發生토크의 制御성과 효율을 고려한 최적의 것으로 하지 않으면 안된다. 이 최적의 電力形態는 電動機의 종류에 따라 크게 다르다. 直

流機는 交流機에 비하여 이 형태가 대단히 단순하여 制御가 쉽다. 교류기 가운데 同期機의 것이 誘導機보다 단순하여 制御가 용이하다. 그래서 閉루프의 精密소프트 라이브는 直流機, 同期機, 誘導機 드라이브 順으로 발전하여 행하여질 것으로 생각된다.

4. 다른 악철티와의 比較

메카트로닉스에 쓰여지는 악철티에는 油壓 · 空壓 등의 流體式과 클러치 · 브레이크 등에 의한 기계식이 옛날부터 사용되고 있다. 서보 모터와 스테핑 모터와 같은 電氣 모터를 쓰는 電氣式 악철티가 이러한 악철티에 대항하여 FA 분야에 진출할 수 있는 이유와 장래의 가능성에 관하여 생각하여 본다면 그전에 악철티라는 말이 어떤 의미를 가지고 쓰여졌는가를 확실하게 할 필요가 있다.

로보트의 自動機械는 컴퓨터(頭腦), 센서(五感), 악철티(手足)의 3가지 기능으로부터 성립된다고 말할 수 있다.

두뇌와 오감도 정보를 취급하는 데 있어 手足만이 에너지를 취급한다. 따라서 악철티의 정의는 다음과 같이 하여도 좋다고 생각한다.

「一定形態로 얻어지는 파워 源으로부터 에너지를 공급하고 이것을 制御, 分配, 變換함에 따라 필요한 운동을 出力할 파워 變換의 것이라 할 수 있다.」

制御用 小形電動機 驅動系에 기어와 나사 등의 동력변환기를 연결하는 것은 電氣式 악철티로서 위의 정의에 맞게 된다. 악철티의 分類는 이 作動 에너지의 종류로부터 행하여 진다. 각

表 2 各種 악철티 構成要素의 對應

作動에너지	파워 源	모터 (變換要素)	弃素子 (制御要素)
機械(動力)	源動機 (速度源) 프라이휠	없음	클러치 브레이크
流體(壓力)	油空壓펌프 아키움 레이터	油空壓모터 시링그	발브 서보
電氣(電力)	商用電源 다이나모 배터리	電氣모터 소레노이드 보이스코일	스위치 사이리스터 트랜지스터

方式과 함께 이 構成要素를 기능별로 나누어 보면 서로 비슷한 구성으로 되어 있는 것을 알게 되며 이것을 表 2에 나타낸다.

파워源을 制御하는 방식 즉, 斜板角을 制御할 可變流量的 액시알피스톤 펌프와 勵磁電流를 制御할 可變電壓 다이나모를 制御要素로 하는 것이 있다. 그러나 이 방식은 弃素子(抵抗變調)를 제어요소로 하는 것에 비하여 응답성이 낮고 큰 操作 에너지를 필요로 하기 때문에 서보용 악철티에는 쓰여지지 않는다.

클러치, 밸브, 스위치와 같은 弃素子는 조작 에너지가 적어지며 增幅度와 응답성이 대단히 높다. 그대신 可動部, 摺動接觸部가 있기 때문에 摩擦에 의한 耐久性 먼지와 분위기 등에 의한 耐環境性和 信賴性이 문제가 있다. 스위치의 것은 半導體電子弃에 따라 電子化, 固体化되어 高速, 高耐壓으로 耐久性, 壽命이 半永久的인 사이리스타와 트랜지스터가 나타나기 때문에 電氣的 악철티가 급격히 발전, 보급되고 있다. 이러한 電子弃은 數千 헬쓰로부터 數萬 헬쓰의 높은 周波數에서 開閉하는 것이기 때문에 펄스幅 變調方式으로 전력의 連結制御가 가능하다. 이 방식은 弃을 On혹은 Off로 쓰기 위하여 原理的으로는 로스를 발생하지 않기 때문에 效率이 높은 變換制御도 실현 할 수 있다. 이러한 것은 油空壓弃과 클러치에는 아직 전혀 고려되지 않는 것이다. 한편 變換要素(모터)에 있어서는 電氣式은 流體式보다 열등하다.

電磁石이 永久磁石과 鐵片을 吸引하는 힘은 數 kgf/cm²로 되어 있으나 油壓모터는 數十부터 數百氣壓(kgf/cm²)에서 움직인다. 그래서 電氣 모터는 油壓모터에 비하여 出力重量比와 加減速 性能이 한자리 이상 낮아지는 것도 생각할 수 있다.

사실 20年前은 工作機에 보내는 電氣모터를 적용하는 것은 불가능하다고 생각되었다. 그러나 실제의 系로서 應答性은 모터이외의 弃의 동작과 油壓의 피어오름이 늦는 등 크게 영향받아야 電氣式에도 충분한 실용성이 있기 때문이다.

5. 서보 모터 性能의 現狀

파워 일렉트로닉스와 마이크로 일렉트로닉스

의 발달에 따라 모터가 가진 잠재적인 성능을 완전히 내어놓게 되었다. 따라서 악체터의 성능 네크는 모터의 加減速 性能이 되었다. 파워용 모터의 성능은 出力 重量比와 효율로서 나타나며 制御用 모터에는 이외에 加速定數와 機械的 時定數가 문제가 된다.

加速定數는 풀 파워를 내는데 까지 요하는 시간이 있다. 토크는 늦어짐이 없이 바로 발생하거나 파워는 속도 없이는 발생하지 않는다. 그래서 加速 定數는 모터가 스스로 가속하는데 요하는 시간도 정의된다. 加速定數 T가 짧고 出力 P가 커지는 것도 加減速 性能은 높아진다고 생각한다. 거기에 P/T를 파워레이트(Power-rate)라 부르며 制御用 모터의 성능은 파워레이트 重量比로서 나타난다.

현재 실용되고 있는 DC서보모터의 구조를 분류하여 보면 表 3 과 같다.軸方向空隙(Axial Gap)形 모터는 回轉子가 円板狀으로 팬 케이크形까지는 Flat形의 外觀을 가져 機械에 붙이기가 쉽다. 그대신 回轉子에 溝付의 電機子를 채용할수 없기 때문에 磁氣空隙이 커지게 되며 界磁는 永久磁石에 한한다. 이 이유는 溝付의 電機子로 하면 軸方向의 磁氣吸引力이 과대하여지며 軸受가 커지게 되는 것과 鉄心이 있는 回轉子 이

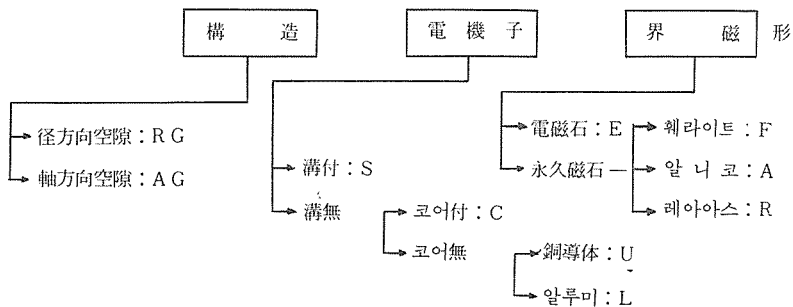
나자도 커지게 되며 서보모터에 맞지도 않게 된다. 界磁를 電磁石으로부터 永久磁石으로 대신하는 것에 의하여 數KW이하의 DC 서보모터는 小形 輕量化되어 出力重量比가 대단히 향상된다.

永久磁石은 電磁石에 비하면 발열이 없고 컴팩트로서 起磁力이 커진다.

휠라이트, 알니코, 코아리스 順으로 강력한 磁石이 되기 때문에 出力 重量比를 특히 높게 된다면 코아리스 磁石을 채용하는 것도 좋다.溝 없는 電機子 구조는 電機子 인덕턴스와 토크 脈動이 적어지며 整流가 좋기 때문에 高速, 過電流의 운전을 하여도 부러시 수명이 길다. 鉄心이 없기 때문에 回轉子 이나자를 특히 적게 할 수 있는 특징이 있다.

溝없고 코아없는 구조의 電機子와 강력한 永久磁石의 界磁를 組合한 RG-L-A形으로 1/1,000秒로서 3,000rpm까지 가속할 수 있는 성능의 것도 있다. 이에 대하여 溝付의 電機子 구조는 磁氣空隙이 적게 하면 磁石의 사용량이 적어지고 出力 重量比가 커지게 되는 특징이 있다.溝無의 것에 비하면 低速 高토크 특성의 설계가 쉽다. 이 구조별로 보면 대표적인 DC 서보모터의 性能例를 表 4 에 나타내었다. 出力 重量比는 어떤 구조도 대체로 같은 값을 갖게 된다. 이 이

表 3 DC 서보모터의 構造分類



構造	電機子	R G				A G			
		S	C	U	L	S	C	U	L
界磁	E	○	○	—	—	—	—	—	—
	F	○	○	○	○	—	○	○	○
	A	◎	◎	◎	◎	—	○	◎	◎
	R	◎	◎	◎	◎	—	○	◎	◎

○ : 實用的 ◎ : 高性能 ◎ : 超高性能

表 4 各種DC 서보모터의 構造와 性能例

分類記號		AG-U-F	RG-U-A	RG-S-F	AG-U-A	RG-C-A	RG-S-A	RG-L-A	
性	定格速度	rpm	3000~4000	1000	1000	3000~4000	3000	1000~2000	3000
	機械的時定數	mS	30~40	10~15	6~10	7~8	3~4	2.5~3.5	1~2
	加速定數	mS	200~300	100~150	80~130	70~80	30~40	7~8	3~6
能	出力重量比	w/kg	50~60	30~60	30~50	30~40	20~30	35~80	10~40
	파워레이트重量比	kW/skg	0.15~0.25	0.3~0.4	0.3~0.4	0.4~0.5	0.7~0.8	5~10	4~7
界磁構造	極數		8	6	4	8	2	4	4
	磁極의構成	電機子의片側에配置	電機子의內側에配置	徑方向磁束의磁石	電機子의兩側에配置	徑方向磁束의磁石	周方向磁束의磁石으로繼鉄 없음	電機子의外側에配置	
適	用	쇄라이트形프린트모터	갓프터	工作機보내는용도	서보用프린트모터	미나샤터	電算機端末機器用	수퍼미나샤터	

유는 아직 모터의 가치가 와트 당으로 평가되는 습관이 있기 때문에 설계자가 자연히 定格速度를 그와 같이 설정하는 데 있다고 생각한다.

機械的 時定數가 적다는 것은 加速 定數도 적게 된다. 일반적으로 빈번한 起動停止를 행하는 기계는 이 起動時間과 制動停止 시간이 보다 짧아지고 加速定數를 가진 서보모터로서 驅動된다. 예를 들면 1秒間에 50회의 위치 결정을 행하는 프린터의 캐리지 驅動에는 加速定數가 1 Oms 이하의 RG-S-A形이 쓰여진다.

서보 모터의 성능으로 되어 있는 파워레이트 重量比는 表에서 나와 있는 것과 같이 구조에 따라 한자리 이상으로 열리게 된다. 이 성능 향상을 위하여 레아스 등의 강력한 磁石의 채용과 磁氣回路의 최적화, 卷線의 占積率 向上, 冷却改善 등 개발 노력이 집중되고 있다.

예를 들면 프린터의 캐리지에 탑재된 타이프 호일 驅動의 모터는 이 중량이 캐리지 구동 모터의 負荷에 걸린다. 80字/秒로서 타이프 호일의 위치 결정을 행하나 그것도 중량을 되도록 가볍게 하여야 한다는 요구가 있다. 그래서 파

워레이트 重量比 20KW/skg의 서보 모터가 레아스 磁石을 쓴 RG-S-R形으로 개발되었다.

6. 電氣式 軛鐵의 將來

성능의 현상에 있어서는 紙面의 사정으로 D C서보 모터에서 말하였다. 그러나 스테핑 모터는 開루프 方式으로 이것보다 성능이 낮고 또한 최근 등장한 AC 서보 모터도 DC와의 互換性을 갖는 성능을 가지게 되기 때문에 이것 보다 우월하게 된다. 현행의 전기 軛鐵은 하모닉 기어와 볼 나사와 같은 減速比가 큰 變換機構를 중개하여 비교적 고속의 回轉모터(DM, SM, IM)을 직선운동으로 변환시켜 쓰는 방식이 主流가 되고있다.

이것은 유압시린더와 같이 다이렉트, 리니어 驅動을 행하는 것은 전기모터가 力不足으로 또한 실용성이 없다는 생각을 하고 있다. 전기모터의 基本構造는 圖 2에 보는 바와 같이 6종류가 있다.

그 가운데 DM, SM, IM은 파워용 모터로

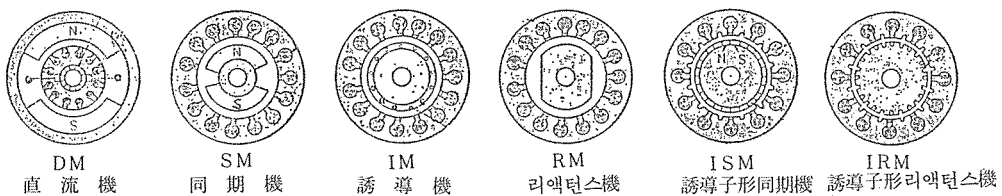


圖 2 各種모터의 構造圖

서 옛날부터 가장 많이 쓰여져 오고 있다. 이러한 모터는 鐵心이 없고 空心으로 되어 있는 것도 토크를 발생하는 動電形 (Electro-dynamical) 의 머신이다.

이에 대하여 RM, IRM, ISM은 스테핑 모터와 리니어 펄스 모터 등에 최근 사용되는 것으로 電磁形 (Electromechanical) 의 머신으로 鐵心을 電磁力으로 吸引하는 원리를 이용한 것이다. 動電形머신의 특징은 피크 토크가 커지게 되며 連續 토크는 규격에 비하여 적다. 連續 토크는 D³L 법칙에 따르기 때문에 高速 大容量機의 것이 유리하다. 약 1 세기에 걸친 전기기계계의 발달은 항상 이 動電形 머신이 主役을 맡았다. 그 이유는 파워用으로서 우월한 특성을 갖고 있기 때문이다. 이에 대하여 電磁形 머신은 力率이 나쁘기 때문에 상용 전원으로 운전되는 모터로서는 거의 쓰여지지 않는다. 파워 일렉트로닉스의 발달에 따라 可變周波數의 전원이 용이하

게 얻어지게 되며 誘導負荷의 電流制御가 효율 좋고 신속하여 지기 때문에 현재는 이 ISM과 IRM이 스테핑 모터로서 많이 사용되게 되었다. 電磁形 머신은 피크 토크는 적으나 연속 토크가 크다고 말할 수 있는 특징이 있으며 이 連續 토크는 D²L 법칙에 따르기 때문에 小容量, 低速 高 토크機가 유리하다. 이러한 기계는 FA, OA, HA機器에서 보면 小容量, 低速 高 토크의 小形 精密모터를 필요로 하기 때문에 지금까지는 거꾸로 電磁形 머신이 이 악젬터로서 主役을 맡았다. 특히 흥미가 깊은 것은 ISM이다. 이 構造는 높은 保持力의 레아스 磁石이 출현하기 때문에 처음 가능성을 갖고 PM形 스테핑 모터로서 최근 쓰여지게 되었다. 空隙斷面 單位面積 당의 발생 電磁 接선력이 대단히 크며 필요한 電磁材料는 조금으로도 좋기 때문에 다이렉트 드라이브와 리니어 모터로서 가장 기대할 수 있다고 생각할 수 있다.

첨단기술 멀지않다 기술투자 다져가자