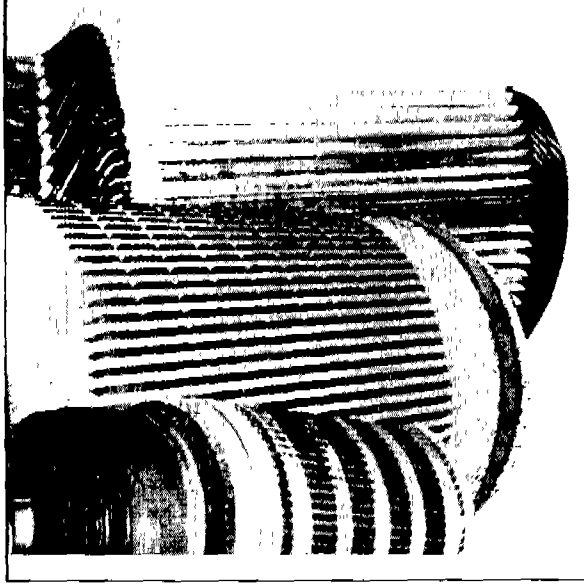


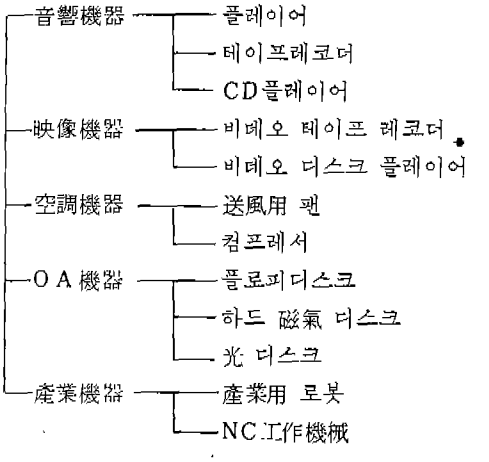
브러시레스 直流 모터

1. 머리말

브러시레스 直流 모터는 初期에 플레이어 장치의 DD 모터 (다이렉트 드라이브 모터)로서 商品化되어 플레이어 裝置의 획기적인 高性能化를 실현시켰다. 그후 모터 구조와 驅動回路의 進步改良에 의해 브러시레스 直流 모터를 염가로 제조할 수 있게 되어 응용범위가 급속히 擴大되었다. 현재는 음향기기나 영상기기에 限하지 않고 OA 기기나 産業機器, 空調機 등에 폭넓게 사용되고 있다(그림 1).

브러시레스 直流 모터에서는 直流 모터의 機械的인 브러시·커뮤테이터를 추방하고 非接触位置檢出部와 트랜지스터 回路를 사용한 電子的인 整流子機構로 대체하여 고성능·고신뢰성·장수명(保守不要)인 모터 構成을 실현시켰다. 그 결과 복잡한 機器에 직접 내장시킬 수 있게 되고 社會的 수요에 잘 적응되고 있다.

또 최근의 半導体技術의 현저한 進步는 브러시레스 直流 모터의 발전에 크게 기여하고 있다. 예컨대 高密度 集積回路技術의 진보에 따라 수 1,000개의 트랜지스터를 사용한 회로를 1개의 IC로 할 수 있게 되고 구동회로에 요구되는 각종 제어기능을 간단하게 실현시킬 수 있게 되었다. 그리고 트랜지스터의 최대전압이나 최대전류가 비약적으로 커지고 從來에는 상상도 할 수 없었던 大電力用 모터에도 브러시레스 直流 모



〈그림 1〉 브러시레스 直流 모터의 應用機器

터를 응용할 수 있게 되었다. 현재로는 1W 정도에서 10kW 정도의 브러시레스 直流 모터가 제조되고 있다.

본고에서는 앞으로 더욱 응용범위가 擴大될 것으로 豫想되는 브러시레스 直流 모터의 기본 구성과 토크 난조 低減技術과 실제 應用例에 대해서 설명하기로 한다.

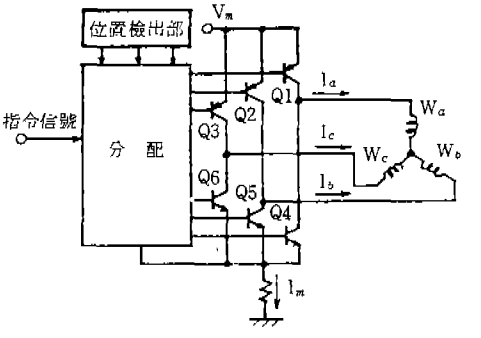
2. 基本構成과 特徵

가. 基本構成과 토크 발생기구

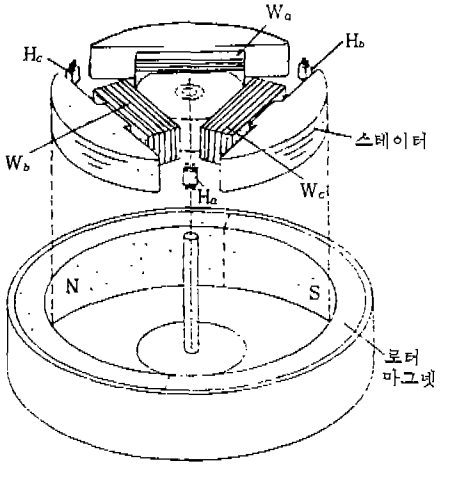
브러시레스 直流 모터는 로터(多極 마그넷)와 스테이터(多相 코일)로 구성되는 모터부와 로터의 回轉位置를 비접촉으로 검출하는 位置檢出部 그리고 위치검출부의 出力에 응해서 多相 코일에의 電流路를 전환하는 驅動回路部로 구성된다. 모터부의 構造와 위치검출의 方法, 그리고 코일의 相數 등에는 각종 變形이 가능하며, 用途에 따라서 적합한 구성이 선택·설계된다.

다음에 **그림 2～4**에 든 브러시레스 直流 모터를 예로 들어 토크 발생기구에 대해 설명한다. 그림 2는 모터部와 位置檢出部의 구조도, 그림 3은 驅動回路의 구성도, 그림 4는 動作說明用의 波形圖이다. 로터 마그넷은 N極과 S極의 2極에 着磁되어 있다(그림 2의 아래쪽). 스테이터에는 3相 코일 W_a, W_b, W_c가 突極에 捲裝되어 있다(그림 2의 위쪽). 마그넷의 발생 자속은 突極에 의해 集束되어 각 코일에 鎖交한다. 브러시레스 直流 모터에서는 마그넷의 회전위치를 非接触의 위치검출부에 의해 검출하고 있다.

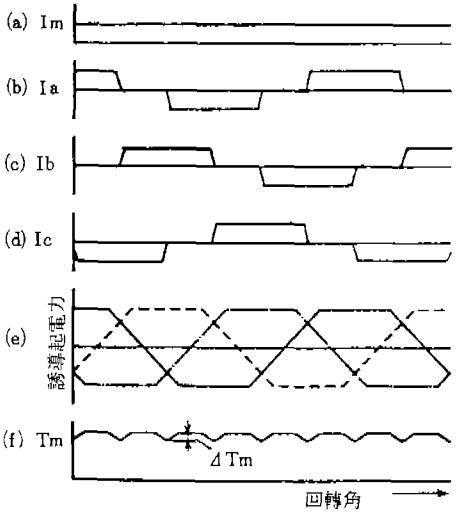
최근에는 위치검출부에 홀 素子(그림 2의 H_a, H_b, H_c)가 사용되며 마그넷의 磁束을 검출하여 3相의 위치검출신호를 出力한다. 위치검출부의



〈그림 3〉 驅動回路의 構成例



〈그림 2〉 모터부의 構成例



〈그림 4〉 電流와 電磁 토크

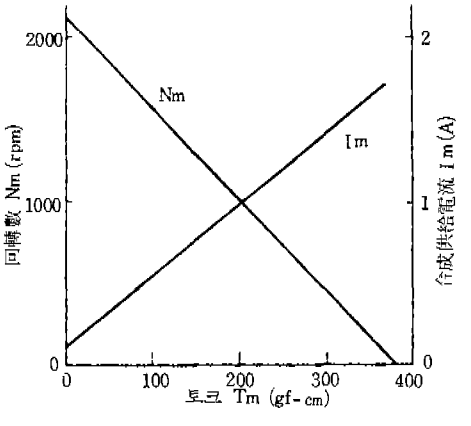
出力에 의해 驅動 트랜지스터群(그림 3의 Q1~Q6) 導通狀態를 변환·제어하여 회전위치에 대응한 相의 코일에 電流를 공급한다(그림 4(b)~(d)). 전류가 통전된 코일은 電磁石을 형성하며 마그넷의 磁極을 吸引 또는 反發하여 로터 마그넷을 회전시킨다. 마그넷의 회전에 대응해서 코일에의 전류를 전환함으로써 로터 마그넷은 연속적으로 회전한다. 그림 4(f)에 電磁 토크의 波形을 든다. 그리고 코일에의 合成供給電流 I_m은 지령신호에 비례하도록 제어되고 있다(그림 4(a)).

이와 같이 브러시레스 直流 모터에서는 直流 모터의 機械的인 브러시·커뮤테이터를 위치검출부와 구동회로부로 구성되는 電子的인 정류자 기구로 대체하고 있다. 따라서 브러시레스 直流 모터의 토크 회전수 특성이나 토크 전류특성은 直流 모터의 경우와 同一한 특성이 된다. 그림 5에 그 特性例를 든다.

나. 特 徵

브러시레스 直流 모터는 다음과 같이 우수한 利點이 있고 小形·輕量·高效率·長壽命(保守不要)의 모터 구성으로 되어 있다.

(1) 발생 토크가 供給電流에 비례하기 때문에 토크 제어나 속도제어가 용이하다.



〈그림 5〉 토크 回轉數特性과 토크 電流特性

(2) 機械的인 브러시·커뮤테이터가 없으므로 전기잡음이나 불꽃이 발생하지 않는다.

(3) 로터와 스테이터가 軸·베어링만에 의해 接觸하고 있으므로 신뢰성이 높고 長壽命이다 (保守不必要).

(4) 마그넷에 의해 界磁를 하고 있으므로 界磁電流가 필요없고 효율이 좋다.

(5) AC 전원의 주파수에 관계없이 速度設定을 할 수 있으며 速度變更이 용이하다. 또 速度可變範圍도 넓다.

(6) 起動 토크가 크고 小形·輕量化가 도모된다.

(7) 電流의 脈動이 적으며 소음이나 진동이 작다.

다. 代表例

(1) 平面對向·홈없는 브러시레스 直流 모터

이것은 스테이터에 홈이나 突極이 없으므로 코깅 토크가 발생하지 않는다는 利點이 있다. 통상, 平面對向·홈없는 브러시레스 직류 모터의 起動 토크는 수 10gf－cm~수 100gf－cm 정도이며 小容量 모터에 적합하다.

(2) 周對向·홈붙이 브러시레스 直流 모터

이것은 마그넷의 발생자속을 突極에 의해 集束하여 이용하고 있으므로 起動 토크가 크다는 이점이 있다. 통상, 周對向·홈붙이 브러시레스 直流 모터의 기동 토크는 수 100gf－cm ~수 100 kgf－cm 정도로서 中容量~大容量 모터에 적합하다.

3. 토크 亂調의 要因과 對策

가. 要因의 分析

브러시레스 直流 모터의 토크 난조에는 다음과 같은 2종류의 要因이 있다.

(1) 코깅 토크

로터 마그넷의 磁極에 의한 스테이터 突極에의 吸引力에 기인하여 변동 토크(코깅 토크)가 발생한다. 코깅 토크는 홈붙이 스테이터를 사용하는 브러시레스 直流 모터에 발생, 코일에 通

電하지 않는 상태의 변동 토크에 대응하고 있다.

(2) 토크 리플

電磁 토크가 마그넷의 회전과 함께 변동하여 토크 리플(電磁 토크의 변동분)을 발생한다. 토크 리플은 코일에의 供給電流에 비례한다.

나. 코깅 토크 低減方法(보조 홈 법)

스테이터 突極에 補助 홈을 설치해서 마그넷의 磁極과 스테이터 홈의 배치를 특수한 관계로 하면 코깅 토크가 작아진다. 그림 6에 補助홈法을 적용한 모터部의 原理構造圖를 든다. 補助홈의 깊이는 코일을 수납한 홈에 비교해서 상당히 얕게 할 수 있으므로 효율을 저하시키는 일 없이 코깅 토크를 대폭 저감할 수 있었다.

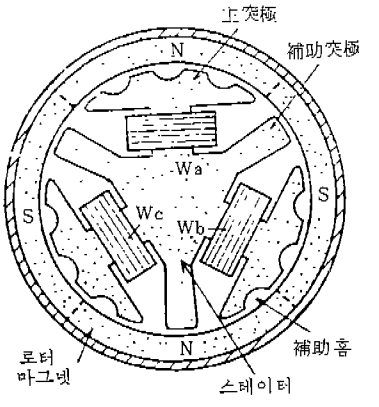
다. 토크 리플 低減方法

(1) 補助홈·補助突極

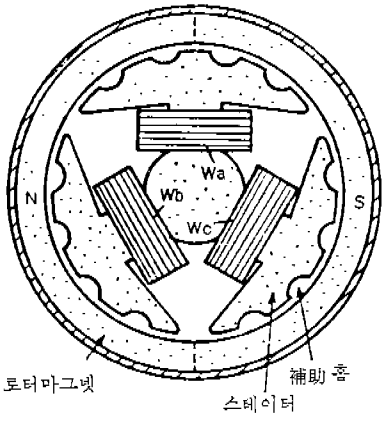
스테이터의 코일을 감은 主突極 사이에 코일을 감지 않은 작은 補助突極을 설치함으로써 코일에 불필요한 磁束이 流出入하지 않도록 하면 토크 리플이 작아진다. 또 主突極(및 補助突極)에 보조홈을 설치함으로써 코깅 토크도 동시에 작게 할 수 있다. 그림 7에 보조 홈·보조돌극법을 적용한 모터 部의 原理構造圖를 든다. 코깅 토크와 토크 리플이 대단히 작은 高性能 브러시레스 직류 모터가 실현되었다.

(2) 電流変調法

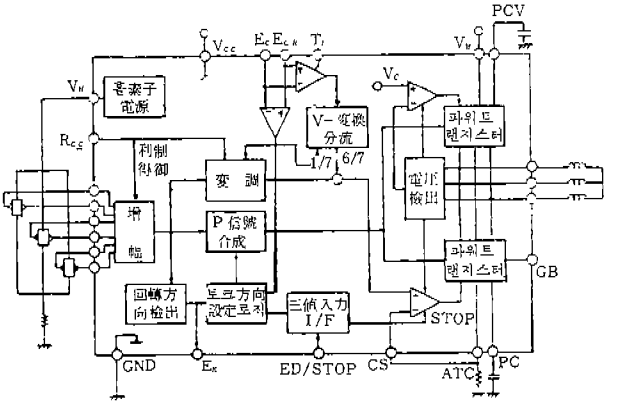
토크 리플의 發生波形에는 電流路의 전환 사이클에 대응한 周期性이 있다. 따라서 合成供給電流 I_m을 변조함으로써 토크 리플을 補正할 수 있고 電流変調法에 의해 電磁 토크를 상당히 均一하게 할 수 있었다(토크 리플을 약 15dB 저감할 수 있었다). 그림 8에 電流変調法을 실현시키는 구동회로부의 블록도를 든다. 電流의 変調에는 位置檢出部의 위치검출신호를 이용할 수



〈그림 7〉 모터부의 원리구조도



〈그림 6〉 모터部의 구조(補助 홈 法).



〈그림 8〉 驅動回路部의 블록도

海外토픽

人工關節 디자이너

英國産業뉴스 제공

종전의 관절이식이 필요한 환자들은, 표준 사이즈의 인공관절로 이식되었기 때문에, 종종 환자의 건장한 뼈가 절단되기도 하고, 혹은 뼈가 기형이라서 수술 자체가 불가능하기도 했다.

런던 근교 체싱턴 소재 핀즈버리 인스트루먼츠사는 컴퓨터를 이용한 관절 설계로 이 문제를 해결하였다. 사진의 작동자는 후면에 불이 들어오는 계수화 패드와 특별 소프트웨어를 이용하여, X-레이에서 나온 상들을 집어넣어 엉덩이 관절의 크기를 알아낸 후 병든 관절을 정확하게 측정한다. X레이판위의 적절한 크기의 강철볼이 보조역할을 하여 X-레이 본래의 오차를 보정한다. 디자인이 끝나면, 모든 숫자로 조정되는, 제작에 필요한 정보가 입력되어 완제품이 생산된다.

관절이식에 있어 정확성은 매우 중요한데, 특히 장기간 사용이 불가피한 선천성 관절기형의 젊은 환자들에게 절대적이다. 핀즈버리 인스트루먼츠사는 새로운 의료기술 개발의 선구자로서, IDO System을 택했는데, 이용이 간편하고 신속하여 단일시스템으로 충분하기 때문이다.

있으므로 모터 구조를 변경할 필요가 없다.

4. 應 用

가. 音響·映像機器에의 應用

음향기기나 영상기기의 구동 모터에는 대단히 엄격한 回轉 亂調性能이 요구되고 있다. 또 정기적으로 保守·點檢을 할 수 없으므로 小形·輕量·高性能·長壽命·保守不要의 브러시레스 直流 모터를 사용하는 것은 필요불가결하다고 할 수 있다. 그래서 비데오 테이프 레코더의 캡스탠 모터나 실린더와 비데오 디스크 플레이어나 CD플레이어의 스핀들 모터에 브러시레스 직류 모터가 사용되고 있다.

일반적으로 필요 토크가 작은 용도에는 平面對向·홈없는 브러시레스 直流 모터를 사용하여 코깅 토크가 발생하지 않도록 한다. 또 필요 토크가 약간 큰 用途에는 周對向·홈붙이 브러시레스 直流 모터를 사용, 補助홈法이나 補助홈·補助突極法을 적용하여 코깅 토크를 저감하고 있다. 그리고 電流變調法을 사용하여 토크 리플도 대폭 저감시켜 브러시레스 직류 모터의 토크 亂調를 極限까지 작게 하도록 노력하고 있다.

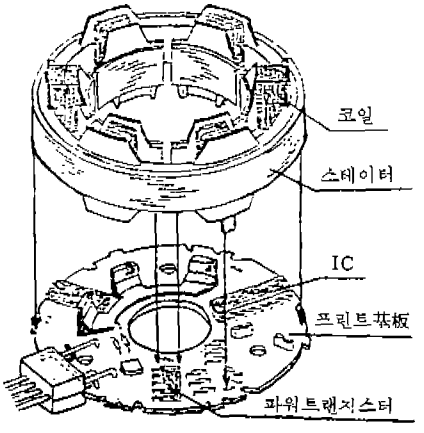
나. 空調機器에의 應用

그림 9 (a), (b)에 에어콘用 실내 팬에 사용되고 있는 브러시레스 직류 모터의 구조를 표시한다. 그러한 용도에서는 고속회전시의 모터 소음·진동을 아주 작게 하거나 회전수를 연속적으로 변경하도록 요구되고 있으며 브러시레스 直流 모터가 가장 적합하다. 또 모터部와 位置檢出部와 驅動回路部를 일체화해서 樹脂로 몰드, 신뢰성을 대폭 향상시키고 實裝도 간단히 했다.

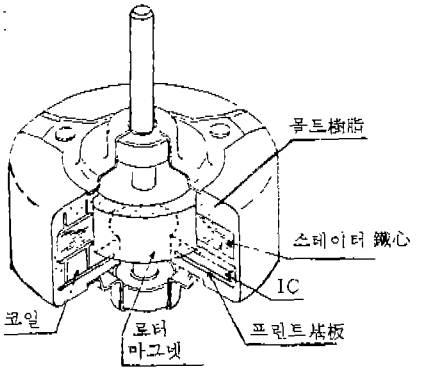
또 최근에는 에어콘용 컴프레서의 구동 모터에 브러시레스 直流 모터를 사용하여 전력절약화를 도모한 예도 있다.

다. OA·産業機器에의 應用

플로피 디스크나 하드 磁氣 디스크, 그리고 光디스크의 스핀들 구동에 브러시레스 直流 모터가 사용되고 있다. 이와 같은 용도에는 브러시레스 直流 모터의 장수명·보수불필요·저전기잡음이라는 이점이 수요와 합치된다. 小形 플로피 디스크 裝置에서는 平面對向·홈없는 브러시레

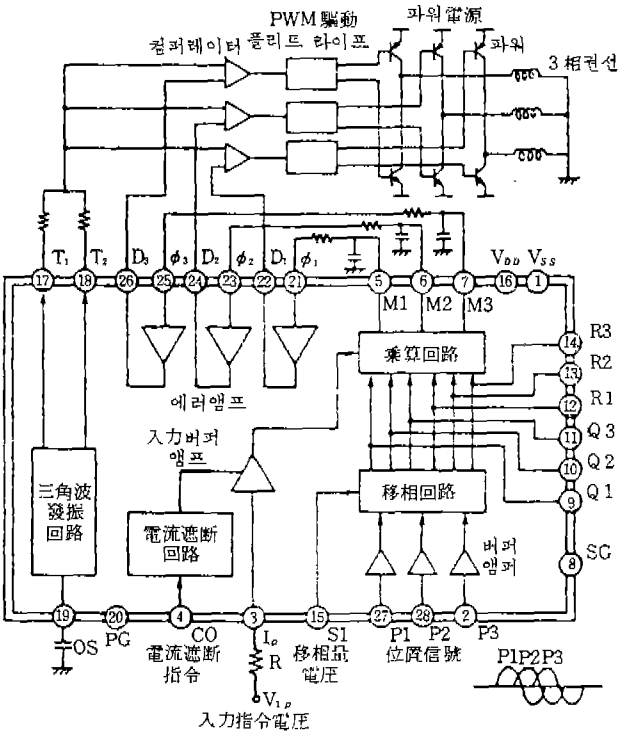


(a) 스테이터와 驅動回路部



(b) 斷面構造圖

〈그림 9〉 몰드형 팬 모터의 構造



〈그림 10〉 리니어 서보 모터 구동회로부의 블록도

스 直流 모터를 사용하고 그 이외의 부하 토크가 약간 큰 용도에는 周對向·홈붙이 브러시레스 直流 모터가 사용되고 있다.

또 産業用 로봇이나 NC 工作機械에는 브러시레스 直流 모터와 실질적으로 같은 構成인 永久磁石 界磁 AC 서보 모터가 사용되고 있다. 保守가 필요없기 때문에 機械에 내장시킬 수 있고 機械 精密度의 대폭적인 向上을 바랄 수 있다.

그리고 최근에는 브러시레스 直流 모터의 방식을 발전시킨 高速 리니어 서보 모터도 개발되었다. 그림 10에 리니어 서보 모터 구동회로부의 블록圖를 들었다. 3相 正弦乘算 驅動方式을 사용해서 토크 亂調가 적은 원활한 推力을 얻고 있다. 위치검출부의 出力을 이용한 고정밀도·저가격인 電子 스케일을 내장하고 있으므로 實裝도 간단하다. 앞으로 OA 機器나 産業機器에의 응용 전개가 기대된다.

5. 맺음말

브러시레스 直流 모터는 소형·경량·고성능·고효율·장수명(保守不必要)의 모터로서, 음향·영상·空調·OA·産業機器의 驅動動力源으로 널리 응용되고 있다. 브러시레스 직류 모터의 형태에는 많은 変形이 가능하며 용도에 맞춘 최적의 構造·特性이 실현된다. 앞으로는 소형·경량의 希土類 磁石 브러시레스 直流 모터의 수요도 증가하며, OA·産業機器 등에 있어서의 브러시레스 直流 모터의 응용 범위가 더욱 擴大될 것으로 본다.