

기술 백서

직접 구동 및 다이렉트 센서

저자: **Mark Howard**, Zettlex UK Ltd 부장

참고 파일: 기술 문서/직접 구동 및 다이렉트 센서_Rev_C



서론

직접 구동 모터는 수 년 동안 사용되어 왔지만, 장비 제조업체 및 시스템 통합업체가 이 기술의 장점을 파악한 것은 최근의 일인 것 같습니다. 이 기사는 직접 구동 사용을 전통적인 모터 배열과 비교하고 대조합니다. 그리고, 상대적 장점을 강조하고 몇 가지 어려운 점과 해결책을 논의합니다.

용어

우선, 몇 가지 용어와 정의부터 살펴보겠습니다. 이론적으로 '직접 구동'이라는 용어는 기어, 풀리 또는 체인과 같은 변속기 요소가 없는 부하 또는 회전자를 직접 구동하는 모든 모터에 적용할 수 있습니다. 보다 일반적으로, 이 용어는 브러시리스, 영구 자석, 동기식 모터를 지칭하며, 부하 또는 회전자에 토크를 직접 전달합니다. 이들은 종종, 직경에 비해 축 방향 높이가 낮으며 관통 구멍이 큼니다. '토크 모터'라는 것은 고정되었거나 좁은 각도의 범위에서 움직이면서 일정한 토크를 발생시키는 직접 구동 모터를 설명하기 위해 사용하는 용어이기도 합니다.

직접 구동 모터는 어떻게 작동합니까?

직접 구동 모터는 대부분의 브러시리스 DC 모터와 거의 동일한 방식으로 작동합니다. 모터의 회전자에 자석이 부착되고 권선은 모터의 고정자에 배열됩니다. 권선에 전류가 흐르면, 회전자가 자석을 끌거나 밀어내는 전자기장이 생성됩니다. 권선에 대한 적절한 전력 스위칭 또는 '정류'를 통해서 제어된 동작이 발생합니다. 리니어 및 로터리 직접 구동 모터도 있으나, 로터리 버전이 가장 많이 사용됩니다.



그림 1 - 기존의 모터 배열

직접 구동 모터에는 대개 많은 수의 극(30 개 초과, 때로는 100 개 초과)이 있으므로, 정지 또는 저속 (보통 1,000rpm 미만)에서 높은 토크를 발생시킵니다. 지름이 1m 이상인 직접 구동 모터도 제작 가능하며, 10,000Nm 를 초과하는 토크도 생성할 수 있습니다. 많은 직접 구동 모터는 '프레임리스(Frameless)'로서 하우징, 베어링 또는 피드백 센서가 없는 상태로 공급됩니다. 이를 통해, 기계 제작업체 및 시스템 통합업체는 하우징, 샤프트 및 베어링 설계를 간소화하여 전반적인 크기, 형태, 중량 및 동적 성능을 최적화할 수 있습니다.

토크 대비 관성 비율은 기존의 모터 배열보다 직접 구동 모터가 더 높으며, 전기 시정 수는 낮습니다. 이것은 전압이 가해질 때 토크가 신속하게 적용되어, 제어 엔지니어가 훌륭한 서보의 '강성'이라고 부르는 것이 달성된다는 의미입니다. 보다 전통적인 모터는 더 높은 속도(일반적으로 1,000rpm 초과)에서 최대 토크를 발생시키도록 설계되었으며 정격 전력에 따라 크기가 지정됩니다. 직접 구동 모터의 크기 및 선택은 일반적으로 전력이 아닌 최대 또는 연속 토크를 기반으로 합니다.

장점과 단점

직접 구동 방식의 장점은 다음과 같습니다.

- **동적 성능**이 우수하며 위치 및/또는 속도를 정확하게 제어합니다.
- **백래시 또는 마모**가 발생하지 않습니다.
- 부품 개수가 적고, 기어, 풀리, 실링, 베어링 등이 없으므로 **신뢰도가 높습니다**.
- **소형**입니다. 축 높이가 낮으며 대구경이 가능합니다.
- **토크 대비 관성 비율**이 높으며 토크 대비 질량 비율이 높습니다.
- **토크 리플** 또는 '코깅(Cogging)'이 낮습니다.
- **저속에서 토크가 높습니다**
- 중간에 기계적인 부품에 의한 손실이 없으므로 **에너지 효율**이 좋습니다.
- **소음** 또는 자체 유도 진동이 낮습니다.
- **유지 보수**가 필요하지 않거나 낮은 수준입니다.
- 열적 형상이 우수하여 **냉각 요구 사항**이 낮습니다.
- **상대적으로 대형인 에어 갭**으로 인하여 오염된 환경에서 충격 저항과 회복성이 우수합니다.

설계 엔지니어가 직접 구동을 선택하는 두 가지 주요 이유는 동적 성능과 웨이프 팩터입니다. 슬립 링, 파이프 및 케이블이 통과할 수 있도록 중간에 커다란 구멍이 있는 상당히 평평한 모터 형태가 제공하는 설계 장점은 과소 평가되어서는 안 됩니다.

주요 단점은 종종 실제보다 더 강조되어 인식됩니다. 직접 구동 모터는 종종 기존 모터보다 비싸다는 인식이 있습니다. 단순한 1:1 비교를 하는 경우에는 사실일 수도 있으나, 중간 기어, 커플링을 제거하여 유지 보수 비용 및 전반적인 기계적 단순화를 고려한 보다 전체적인 관점에서 보면 직접 구동 장치가 아마도 놀랍게도 수많은 분야에서 최적의 비용 및 성능을 보여주는 솔루션일 것입니다. 또한, 직접 구동력이 더 크게 발생하는 강력한 네오디뮴-철-붕소(Nd-Fe-B) 자석 사용이 증가함에 따라 1:1 비용 비교의 논리는 점차 약화되고 있습니다. 전통적인 모터, 벨트 및 풀리 시스템이 점점 더 조용하며 신뢰성이 높은 직접 구동 모터로 대체되는 세탁기와 같은 비용에 민감한 분야에서 직접 구동 장치 사용이 증가함에 따라 비용/성능 점수의 장점은 잘 드러납니다.

직접 구동 분야의 고전적인 사례는 안테나 시스템(예: 차량 탑재 위성 통신), 감시 및 CCTV 카메라, 스캐너, 망원경, 전자 광학 기기, 레이트 테이블, 레이더와 무장 시스템 등과 같이 다양한 집벌에서 볼 수 있습니다. 또한, CNC 공작 기계, 포장 장비, 로봇 공학 및 고급 레코드 턴테이블과 같은 응용 분야도 있습니다.

대부분의 모터는 '코깅'으로 알려진 위치 토크 리플 현상이 있습니다. 전통적인 모터의 경우, 고속에서는 주파수도 매우 높게 되어 성능에 미치는 영향이 미미하여 일반적으로 이러한 영향은 중요하지 않습니다. 직접 구동 장치는 모터 제어 시스템에서 피드백을 사용하여 이 효과에 적극적으로 대처하지 않는 한 이 현상으로 인하여 더 많은 어려움이 발생합니다. 직접 구동 모터의 사용이 지연되는 요소 중 하나는 정밀 전기 제어가 필요하다는 점입니다. 최근 몇 년 동안 충분히 빠른 속도(4kHz 를 초과하는 갱신 속도) 및 반응형 컨트롤러가 현실적인 비용으로 널리 보급되었습니다.

직접 구동 모터를 사용하는 주요한 장점 중 하나는 위치, 속도 및 동적 정확성이 향상된다는 것입니다. 커플링, 기어박스, 벨트 또는 체인을 다루는 대신, 직접 구동 모터는 부하에 직접 부착되므로 어떤 방향으로든 이력현상, 백래시 또는 '손실 모션'이 발생하지 않습니다. 직접 구동 모터에서 이를 달성하려면 서보 루프를 완료하는 고해상도 위치 피드백 장치가 필요합니다. 경우에 따라, 모터 권선에 전력을 정류하기 위해 일반적으로 사용하는 홀 효과 센서면 충분하지만 다른 많은 센서는 정확한 위치 또는 속도 제어에 충분한 측정 성능을 제공하지 못하기도 합니다.

직접 구동 방식에서 구경이 충분히 작다면 (2" 미만) 광학, 자기, 정전용량 및 유도 기술을 기반으로 다양한 위치 피드백 센서를 선택할 수 있습니다. 앞서 언급했듯이, 직접 구동을 선택하는 핵심 요소 중 하나는 폼 팩터이며, 특히 대형 관통 구경(2" 초과)인 경우입니다. 대부분의 위치 센서는 소형 입력 샤프트 또는 소형 구경을 기반으로 하므로, 직접 구동 장치에 적합한 위치 센서를 선택하는 것은 최근까지 제한되어 문제가 있었습니다. 첫 번째 옵션은 단순한 DC 전원 그리고 절대식 또는 증분식 디지털 출력이 있는 광학식 링 엔코더입니다. 그러나, 불행하게도, 광학 센서의 경로가 흐려지기 때문에 오염이 있거나 습한 환경에는 적합하지 않습니다. 극단적인 온도 또는 충격에 대한 내구성이 제한되어 있으며, 우수한 측정 성능을 얻기 위해 정확한 설치도 필요합니다. 정전 용량형 엔코더는 유사한 문제에 직면할 수 있으며, 회전자에 누적된 정전 전하를 소산시켜야 하는 추가적인 복잡성까지 갖고 있습니다. 두 번째 옵션은 마그네틱 링 엔코더이지만, 정류에 사용되는 홀 효과 센서를 능가하는 장점은 그리 크지 않으며, 자성 이력현상으로 인해 정밀도가 떨어집니다. 이는 DC 자기장에 대한 감지를 사용하기 때문에 모터로부터 누설되는 자기장의 영향을 받기 쉽습니다. 세 번째 옵션은 전통적인 방식으로 브러시리스 리졸버입니다. 리졸버는 모터 자체와 유사한 전자기 물리학을 사용하여 고정자에 상대되는 회전자 위치를 감지합니다. 리졸버는 일반적으로 이물질의 영향을 받지 않으며 신뢰성, 견고성 및 안전성 측면에서 독보적인 평판이 있습니다. 당연하게, 리졸버는 항공 우주 및 방위 분야와 같은 수많은 고신뢰성 또는 안전 관련 분야에서 가장 기본적인 표준입니다. 그럼에도 불구하고, 부피가 크며 무겁고 비용이 많이 들 수 있습니다. 특히 팬케이크 또는 슬래브 리졸버라고도 호칭하는 대구경 형식의 경우가 그렇습니다. 팬케이크 또는 슬래브 리졸버를 사용하면 직접 구동 시스템이 일부 분야에서 너무 비싸다는 견해를 불러 일으킬 수 있습니다.

다른 접근 방식

직접 구동 위치 피드백을 위해 새로운 유형의 센서가 점차 등장하고 있습니다. 유도 엔코더 또는 '인코더'가 그것입니다. 인코더는 리졸버와 동일한 전자기 또는 유도 물리학을 사용하지만, 대형 변압기 권선을 대신하여 층상의 인쇄 회로 기판 구조를 사용하므로 비용이 적게 들고 소형이며 가볍습니다. 리졸버가 요구하는 복잡한 AC 공급 및 신호 처리를 사용하지 않으며, 인코더는 광학 엔코더(DC 전력 입력 및 디지털 전자

출력)가 제공하는 것과 유사한 간단한 전기 인터페이스를 사용합니다. 인코더는 최대 22 비트(회전당 약 4 백만 카운트) 해상도로 절대 또는 증분(A/B 펄스) 형식으로 사용할 수 있습니다. 정확도는 $\leq 40\text{arc-second} (< 0.01^\circ)$ 이며 온도 계수는 매우 낮습니다($< 0.5\text{ppm/K}$). 최근까지, 인코더는 고도로 동적인 분야에서는 너무 느린 것으로 간주되었지만, 현재 최대 10kHz의 빠른 갱신 속도를 제공합니다. 중요한 사항으로는, 축 방향 높이가 낮고 직경이 크고 구경이 큰 수많은 직접 구동 장치의 폼 팩터와 잘 맞는다는 것입니다, 또한, 베어링, 커플링 또는 실링이 없는 프레임리스 형식으로 공급되므로 직접 구동 장치에 기계적으로 고정시킬 수 있습니다.

직접 구동 장치와 인코더의 결합이 점점 더 많은 설계 엔지니어가 선호하는 배열이며 의료, 우주 항공, 국방, 산업 및 석유 화학 분야의 적용에 대해서 높은 신뢰성과 높은 동적 동작 제어를 계속 보여주어 더 많은 지지를 확보하게 되었습니다.



그림 2 인코더의 한 가지 사례.

추가 정보/연락처

Zettlex 유도 위치 센서 기술에 대한 자세한 정보를 얻거나 위치 센서 전문가와 고객의 응용 분야에 대해 상담하려면 Zettlex 에 직접 문의하시거나 가까운 현지 Zettlex 대리점에 문의하십시오.

영국 본사

Zettlex UK Ltd
Newton Court, Newton, Cambridge, CB22 7ZE, UK

연락처: Mark Howard 또는 Josef de Pfeiffer

이메일: info@zettlex.com

전화: + 4 4 1 2 2 3 8 7 4 4 4 4

웹: www.zettlex.com/ko

해외

Zettlex 는 재판매사와 유통사로 이루어진 국제적 유통망을 갖추고 있습니다. 현지 대리점을 찾으려면 www.zettlex.com/company/distributors 를 방문하십시오.