

Technical Tips

영구자석 동기 전동기에서 회전자의 초기 위치 정렬

정 세 교

(경상대학교 전기전자공학부 교수)

근래에 와서 공작기계, 로봇, X-Y 테이블 등 정밀 자동화 시스템의 구동부로 영구자석 동기 전동기 (Permanent Magnet Synchronous Motor)가 널리 쓰이고 있다. 영구자석 동기 전동기는 높은 전력밀도, 우수한 제어성, 유지 보수의 편리함 등 제어용 전동기로서 직류와 교류 전동기의 장점을 고루 갖추고 있다. 다만, 영구자석이 고가라는 단점이 있으나 최근 저가의 Nd계열 영구자석이 많이 개발되어 이러한 단점 또한 해결되고 있다.

영구자석 동기 전동기의 구동을 위해서는 전동기 회전자의 절대위치 정보가 필요한 잘 알려진 사실이다. 최근 들어 위치 센서를 사용하지 않는 센서리스 제어 알고리즘이 많이 개발되기는 했지만 아직도 고 정밀도와 신뢰성이 필요한 자동화 시스템에는 레졸버나 엔코더와 같은 위치 센서가 사용된다. 필자가 대학원에서 영구자석 동기 전동기에 대한 공부를 시작한 지 얼마 되지 않아서 직접 구동용 스카라 로봇 개발 과제에 참여하게 되었는데 여기에 영구자석 동기 전동기가 사용되었다. 그런데 이 과제에서는 시스템을 컴팩트하게 구성하기 위해 로봇의 몸체를 프레임으로 사용하는 프레임이 없는 전동기가 사용되었다. 따라서 로봇 몸통에 고정자와 회전자를 삽입한 후 외부에서 베어링과 레졸버를 장착하여야 했다. 연구실에서 레졸버가 공장에서 장착된 전동기만 봤던 필자로서는 레졸버를 어떻게 설치하여야 할지 상당히 난감하였지만 얼마 후 실험용 직류 전원장치와 공간 벡터(Space Vector)에 대한 지식을 이용하여 레졸버를 제 위치에 부착할 수 있었다.

필자가 사용한 방법은 그림 1과 같은 회로를 이용하는 것이었다. 전동기의 한 상을 임의로 a상으로 두고 이 단자를 직류 전원 장치의 (+)극에, 다른 두 상을 (-)극에 연결 한 다음 전압을 조금씩 증가 시키면 전동기의 회전자는 임의의 방향으로 회전을 하여 어느 한 위치에 정지하게 된다. 이때는 역기

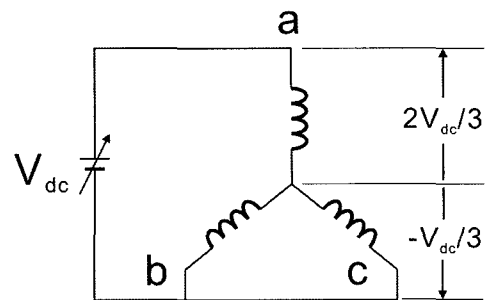


그림 1 직류 전원장치와 전동기 권선의 연결 회로

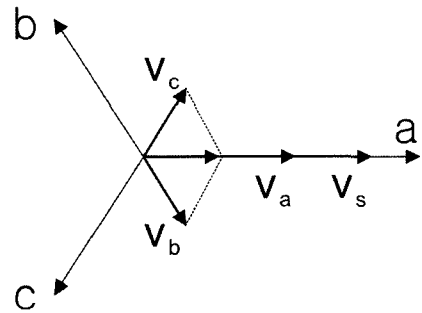


그림 2 그림 1의 회로에 대한 전압 벡터의 합성

전력이 없는 상태이므로 높은 전압을 인가하면 전동기 권선에 큰 전류가 흘러 전동기가 손상을 입게 되므로 주의가 필요하다.

그림 1의 경우에 대한 합성 전압 벡터 (v_s)를 그리면 그림 2와 같이 나타낼 수 있다. 이 전압을 공간 벡터로 표시하면 그림 3과 같이 나타낼 수 있고 정지된 회전자 자속의 위치는 전압 벡터의 방향과 일치하게 된다. 즉, 회전자의 자속 방향이 dq 좌표계에서 d축 방향이므로 발생된 전압 벡터가 d축과 정렬되게 되며 전동기의 전압과 전류가 직류이므로 위상차는

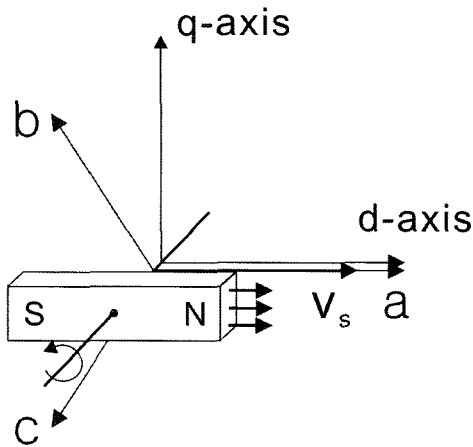


그림 3 전압 벡터와 회전자 및 d축의 정렬

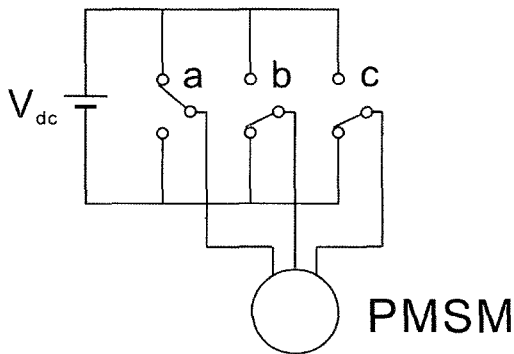


그림 4 3상 인버터에서 그림 1과 등가인 스위칭 상태

없다고 할 수 있다. 따라서 이 상태에서 레졸버의 출력 cosine 값이 최대, sine 값이 영이 되도록 레졸버를 장착하면 회전자 자류의 방향과 레졸버의 영점이 정렬된다.

이와 같은 개념은 영구자석 동기 전동기의 센서리스 제어와 상용 서보 드라이브에서도 사용되고 있다. 그림 4에서 보는 바와 같이 인버터와 영구자석 동기 전동기 시스템의 구성에서 동일한 개념으로 회전자의 초기 위치를 정렬시킬 수 있

다. 그러나 이 경우에는 DC 링크 전압이 높으므로 전동기의 손상을 방지하기 위해서 PWM 기법을 사용하여 전동기에 인가되는 평균 전압을 아주 낮게 해주어야 한다. 그림 4의 경우 b, c상을 고정시키고 a상을 적절한 Duty로 스위칭 하면 동일한 결과를 얻을 수 있다.

영구자석 동기 전동기의 센서리스 제어에서 V/f 제어 방식으로 기동을 할 경우 초기의 토크 및 속도 맥동이 회전자의 초기 정렬 정도에 크게 영향을 받으므로 초기 정렬이 매우 중요하다. 또한 근래에 출시되는 상용 서보 드라이브에서는 가격을 낮추기 위하여 레졸버나 절대 위치 엔코더(absolute encoder) 대신 간단한 증분형 엔코더(incremental encoder)를 사용하는데 이 경우 회전자의 초기 위치 정렬이 반드시 필요하다. 방법은 위에 설명한 것과 같이 전동기의 회전자를 정렬시킨 다음 엔코더 카운터를 리셋 하면 된다. 이 경우 제어 전원이 켜진 상태에서는 엔코더 카운터는 전동기의 절대 위치를 가지게 된다. 다만, 제어 전원이 꺼졌다가 다시 켜질 경우 회전자의 위치 정렬을 위해 초기에 전동기가 어느 방향으로 회전할지 알 수 없다는 단점이 있다. 그러나 제어기에 플래시 메모리나 백업 배터리를 활용하여 전원이 꺼지기 직전의 상태를 기억해 둔다면 이러한 문제점도 쉽게 해결할 수 있을 것이다.

〈저 자 소 개〉



정세교(鄭世敎)

1966년 11월 26일 생. 1989년 경북대 전자공학과 졸업(학사). 1992년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1997년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(박사). 1997년~현재 경상대 전기전자공학부 부교수 및 컴퓨터 정보통신 연구소 연구원. 1999년 12월~2000년 2월 일본 큐슈공업대학 객원교수. 2002년 2월~2003년 2월 미국 Texas A&M 대학 Visiting Scholar.