

Switched Reluctance Motor의 Single Position Sensor 구동에 관한 연구

김 상영 °, 정 윤철, 임 준영
LG 전자 디자털 어플라이언스 연구소

A Study on Single Position Driving Method of Switched Reluctance Motor

Sang-young Kim °, Yun-chul Jung, Jun-young Lim
Digital Appliance Research Lab. LG Electronics Inc.

ABSTRACT

In general, three position sensors are needed to drive three phases SRM. Single position sensor driving method for three phases Switched Reluctance Motor(SRM) is proposed in this paper. By using single position sensor, the cost of SRM is reduced. But position detection at the starting is needed for single position sensor driving method.

In this paper, we propose the active align method to detect the relative position of rotor to three phases and align to the nearest phase. We proved the validity of this method by experiment and compare with other method.

을 갖는 방법은 1개의 센서를 사용하는 것이다. 1개의 센서로 SRM을 운전할 경우, 기동을 시키기 위해 초기의 회전자 위치 검지가 필요하다. 초기 회전자의 3상에 대한 상대적인 위치를 감지하고, 가장 가까운 상으로 회전을 정렬시키기 위해 본 논문에서 제안한 Active Align방법이 본 논문의 주요 내용이다.

3상 SRM구동을 위해 3개의 센서를 사용하는 기존 방법 및, 1개의 센서를 사용하는 기존의 알고리즘과 본 논문에서 제안된 방법을 비교하고, 실험 결과로써, 그 타당성을 보였다.

끝으로 본 논문에서 1개 센서운전에 대한 적절한 응용분야를 부하측면에 대해서 검토하고 결론을 맺는다.

1. 서론

유도기 모터는 가격이 싸고 구동이 간단한 장점을 안고 가전용 모터로서 널리 사용되고 있다. 근래에 들어 에너지 문제가 대두되면서 기존 유도기보다 효율이 좋은 저가격의 모터가 절실히 요구되는 형편이다. 이러한 배경을 안고 가전 제품 응용에 대해 SRM의 적용 연구가 국내외를 비롯해서 활발히 진행되고 있다. 가격 측면에서 SRM은 BLDC모터에 비해 대한 장점은 있지만, 기존 유도기에 비하면 가격의 상승은 피할 수 없는 상황이다.

본 논문에서는 모터 측면에서 성능을 저하시키지 않으면서 가격을 줄일 수 있는 방법을 제안하였다. 일반적으로 3상 SRM에서는 3개의 센서가 사용되는데, 본 논문에서는 1개의 센서를 이용하여 3상 SRM을 구동하는 방법에 관한 적절성을 검토하였다. 센서리스 운전 방법은 물리적으로 센서를 없애서 센서 자체의 가격을 줄이기는 하지만 실질적으로 회로부의 추가 부분을 고려하면 가격에서 장점

2. 본론

2.1 모터의 구조

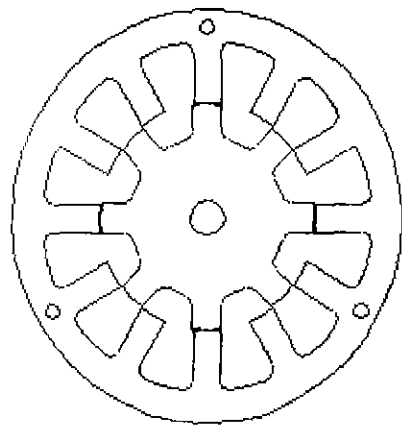


그림 1. 3상 SRM의 구조(12/8)

그림 1은 본 논문에서 사용된 3상 구조의 SRM이

다. 고정자와 회전자의 비가 12대8인 12/8구조이며, 고정자와 회전자가 모두 돌극형 구조이며, 권선은 고정자에 집중되어 감겨 있는 집중권이다.

2.2 기존의 초기 기동 방법.

2.2.1 3개의 센서를 사용하는 방법

3상 SRM을 운전하기 위해 3개의 센서를 사용하는 방식에서는 각 상을 구동하기 위한 센서가 각각 부착되어 있으므로, 초기에 바로 기동을 시킬 수 있다. 정상 상태의 운전은 각 센서로부터의 신호로 상의 위치를 파악하여 운전한다. 이 방법은 초기의 기동이 바로 이루어지는 장점이 있으나, 3상의 센서를 취부하는데 어려움이 있고, 센서를 3개 사용하므로써 가격이 상승하게 한다. 그림 2는 3개의 센서를 사용하는 3상 SRM의 센서 신호 및 권선 전류 파형을 보여 주는 그림이다.

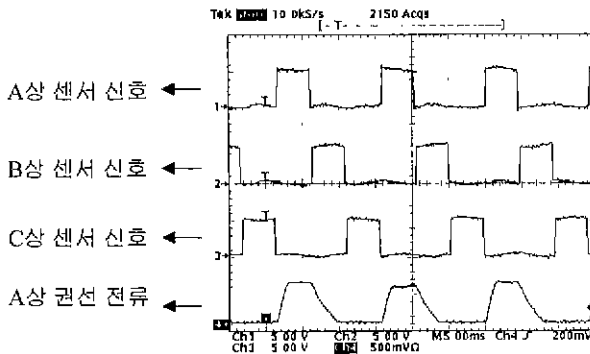


그림 2. 3 개의 센서를 사용하는 운전 방법.

2.2.2 1개의 센서를 사용하는 기존 방법

1개의 센서로 3상 SRM을 운전하기 위해서는 각 상의 위치를 초기에 검지하고, 이 상의 위치를 기억하여, 센서의 신호가 발생할 때마다 각 상을 하나씩 이동시켜 나가는 방법으로 운전을 한다. 이 방법은 초기에 회전자의 위치를 검지해 주어야 한다. 초기의 위치를 검지하는 기존의 방법은 미리 정해진 한 상으로 정렬시키는 방식이었다. 보통은 2개 이상의 상을 차례로 정렬시키는 신호를 준다. 즉 A상 정렬 → B상 정렬과 같은 순서를 취한다. 한 상으로 바로 정렬시키지 않고, 두 상을 순차적으로 정렬시키는 이유는 다음과 같다. 회전자가 특정한 상에 대해 misalign 위치(unstable equilibrium position)에 있을 경우, 그 상에 대해서 align상태로 정렬되지 않을 경우가 발생하기 때문이다.

2.3 Active Align 방법

본 논문에서는 쓰인 초기 기동 방법은 기존의 방법보다 더 빠르게 회전자를 align시키는 방법으로서 각 상에 같은 크기의 펄스를 인가하여, 이 때 흐르는 전류를 검지하여, 인덕턴스가 가장 큰 상으로 회전자를 align시키는 방법이다.

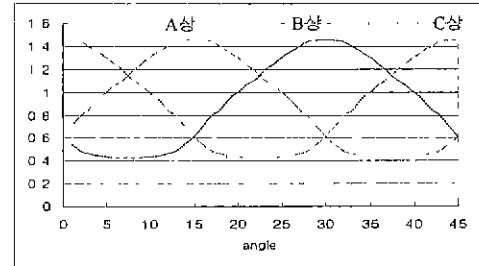


그림 3. 12/8 SRM의 상별 인덕턴스 프로파일

그림 3은 12/8구조의 3상 SRM의 위치별 3상의 인덕턴스 프로파일이다. SRM에 있어서 정지 상태에서의 전압 방정식은 회전에 의한 back EMF가 생략되므로,

$$V = L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

이다. 그러므로 각 상에 흐르는 전류는 아래와 같은 식이 된다.

$$i = \int \frac{V}{L} dt \quad (2)$$

여기서 V는 각 상에 인가된 전압이고, I는 전압 인가시 각 상의 권선에 흐르는 전류이다. L은 회전자와 고정자의 상대적인 위치에 의해 결정되는 inductance이다. 위 식에서 전류는 inductance에 의해서 결정되고, 그 크기는 inductance의 크기에 반비례한다. 즉 각 상에 흐르는 전류의 크기는 align 위치에 가까울수록 작아지고, misalign 위치에 가까울수록 커지게 된다. 그러므로 각 상에 일정한 폭의 펄스를 순차적으로 인가하고, 일정한 시간대의 전류를 검지하여, 각 상의 전류를 비교하면 회전자에 대한 각 상의 인덕턴스를 상대적으로 비교할 수 있다. 회전자에 대한 각 상의 인덕턴스 중 가장 큰 값을 갖고 상으로 align을 시켜주면 가장 가까운 위치로 align을 시켜 줄 수 있다.

1개의 센서를 사용하는 기존의 align 방법에서는 한 상에 대해서 align시킬 경우, align시키는 거리가 한 상의 inductance 프로파일상의 1/2 주기(기계각으로 22.5도)가 될 수 있어, 부하의 관성에 영향을 많이 받게 된다. 그러나 제시된 Active Align 방법은 align시키는 거리가 최대 7.5도(기계각)가 되므로, align 시키는 시간이 작아질뿐만 아니라, 부하의 관성에 영향을 작게 받게 된다.

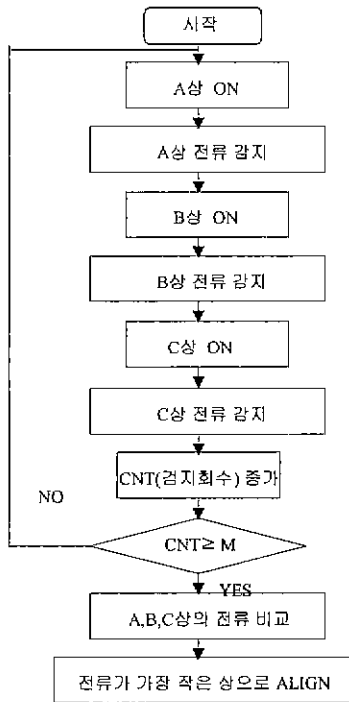


그림 4 . Align 알고리즘

그림 4는 Active Align 방법의 알고리즘이다. 그림 5는 SRM의 구동회로로서, 하나의 검지저항 R_d 를 다이오드와 Tr 사이에 넣은 회로이다. 하나의 저항으로써 각상의 전류를 순차적으로 검지하므로, 회로에 대한 cost 상승은 거의 없다.

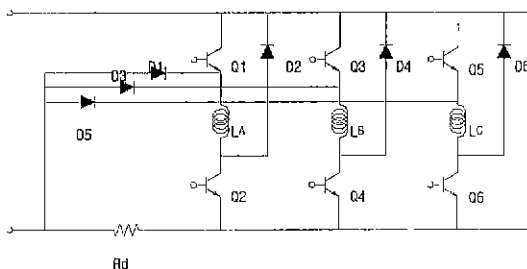


그림 5 . SRM 구동 회로

그림 6은 순차적으로 각상에 펄스를 인가하고 난 후, 인덕턴스가 가장 큰 값을 가지는 상으로 align을 시작하는 것을 보인 그림이다.

2.4 실험 결과.

본 논문에서 제시된 방법의 타당성을 검증하기 위해 Fan 부하를 이용하여 align시키는 실험을 하였다. 그림7은 1개의 센서를 사용하는 기존의 align 방법으로 한 상으로 바로 align시킨 것을 보여 주고 있다. 비교를 위해 두 상을 순차적으로 align 시

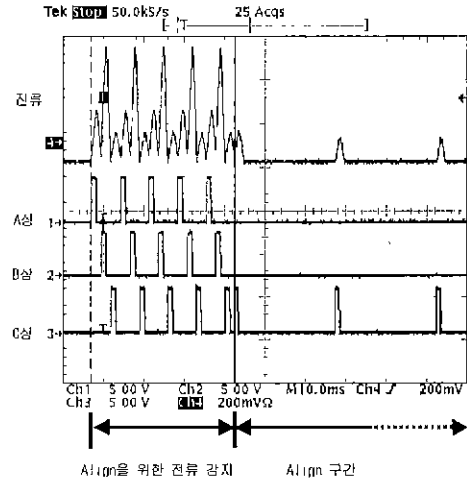


그림 6 . Active Align 신호 및 전류

키지 않고, A상 한 상으로 align하였다. 그림8은 Active Align 방법으로 align시키는 것을 보여 주는 그림이다. 그림에서 볼 수 있듯이, 기존 방법은 부하가 움직이는 각도가 크고 align 시간이 많이 소요된다. Active Align 방법은 기존 방법에 비해, align에 소요되는 시간이 작다. 그림 9는 같은 위치에서 기존의 align 방법과 Active Align 방법으로 align을 시켰을 때의 위치별 각속도를 측정하여 그린 그림이다. 펄스는 두 방법에서 동일하게 적용하였다. 표 1은 팬 부착시의 최대 정지 마찰 계수 및 팬의 관성 모멘트를 나타낸다.

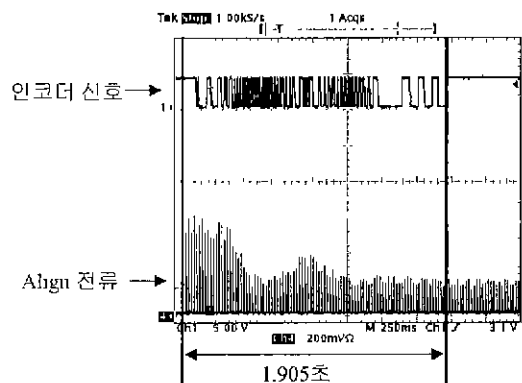


그림 7 . 기존 Align 방법

위의 그림에서 볼 수 있듯이, Active Align 방법은 가장 가까운 align 상으로 align하는 것을 볼 수 있다. 기존의 방법은 회전자가 align할 상에서 멀리 떨어질 경우, 그림과 같이 회전자가 oscillation을 하는 경우가 생긴다. Active Align 방법은 oscillation을 하지 않고 align을 하는 것을 볼 수 있다.

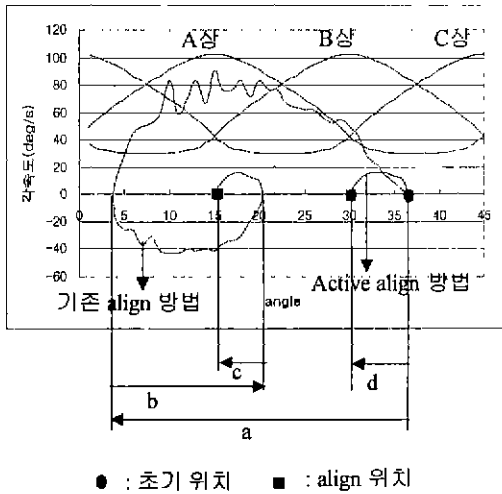


그림 9 . align시 회전자 위치별 각속도

표 2은 align시 움직인 거리와 소요된 시간을 보여 준다. 기존의 align 방법은 두 상을 순차적으로 align시키지 않고, A상 한 상으로 align 시킨 결과이다. 두 방법 모두 가장 많이 움직이는 위치에서의 결과를 비교하였다. 두 방법의 움직인 거리를 비교해 보면, 기존의 align 방법은 align할 상을 중심으로 oscillation 하면서 38°(기계각)를 움직인 반면, Active Align 방법은 7°만 움직였다. 소요된 시간은 Active Align 방법이 훨씬 적음을 알 수 있다. 기존의 방법(A상 정렬 → B상 정렬)으로 align할 경우, 15도를 다시 움직이게 된다. 이 경우, 한 상으로 align 시키는 경우보다, 움직이는 거리와 시간이 0.75배 정도가 더 소요된다.

3. 결론

표 1. 정지마찰 계수 및 팬의 관성모멘트

fr(최대 정지 토크)	0.0026 N · m
팬의 J(관성 모멘트)	0.002 kg · m ²

표 2. align시 움직인 거리 및 시간 (align 할 상에서 가장 멀리 떨어진 경우)

align 방법	align 시간(초)	움직인 거리 (기계각 °)
기존 방법(한 상으로 align)	1.905	38° (a+b+c)
Active Align	0.525	7° (d)

1개의 센서를 사용하는 3상 SRM을 구동시키기 위해서는 초기 회전자의 위치를 감지해야 한다. 본 논문에서는 각 상의 전류를 감지하여, align에 가장 가까운 상을 판단하고, align시키는 Active Align 방법을 제안하였다. 제안된 방법의 실효성을 실험을 통하여 기존의 align방법과 비교 검토하였다.

1개의 센서를 이용하여 운전하는 SRM은 한 방향으로 회전하고 정상 상태에서 일정 속도로 운전하는 Fan부하에 적합할 뿐만 아니라 가격적인 면에서도 3개의 센서를 사용하는 것에 비해 유리하다. 향후 과제로는 운전시 상 신호를 놓쳤을 경우, 다시 상에 맞게 운전할 수 있게 commutation하는 알고리즘의 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Jun-Young Lim, Yun-Chul Jung, Kyung-Ann Kwon, and Jung-chul Kim "A High-Efficiency, Low-Cost Switched Reluctance Motor for Air-Conditioner Blowers," *Conference Proceedings of the 51st Annual IATC*, pp. 417-428, 2000, May
- [2] T.J.E Miller, "Switched Reluctance Motors and their Control," Magna Physics Publishing.