

디스크형 단상 스위치드 릴럭턴스 모터의 토오크 측정

김준호 · 이은웅 · 오영웅 · 김성중 · 우성봉 · 이민명 · 이종한
충남대 · 대전산업대 · 천안공고

Torque measurement of Disk type Single Phase Switched Reluctance Motor

Kim, Jun-Ho · Lee, Eun-Woong · Kim, Sung-Jong · Oh, Young-Woong · Woo, Sung-Bong · Lee, Min-Myung · Lee, Jong-Har
Chungnam Nat'l Univ., Taejon National Univ. of Technology, Chonan Technical High School

Abstract - We designed and manufactured DSPSRM using the usual output power equation of rotating machine. And the sinusoidally approximated torque characteristics are achieved by 3D finite element analysis. Also, We calculated average torque per rotation using approximated torque data, calculated by 3D finite element analysis. On this paper, We manufacture torque-meter set and measure the torque characteristic of DSPSRM.

1. 서 론

디스크형 단상 스위치드 릴럭턴스 모터(DSPSRM)는 다른 기기보다 구조와 구동회로를 간단하게 제작할 수 있고, 구조상 축방향 자속과 방사방향 자속을 동시에 이용할 수 있으므로 체적당 출력이 크고, 축방향 길이를 줄일 수 있는 장점이 있어 실용화의 가능성이 크다. 그리하여 일반 회전기기 출력방정식과 극호와 같은 간단한 파라미터를 이용하여 설계하였고, 시작기를 제작하였다.[1] 이때, 3차원 유한요소해석으로 고정자 극과 회전자,극이 정렬된 위치와 어긋난 위치에 대한 자속밀도를 구하여 정현적으로 근사화된 토오크 특성을 얻었고[2][3], 회전자극 구조에 의해 발생하는 축방향 자속과 방사방향 자속에 대한 자속밀도 분포를 해석함으로써 같은 용량 기기에서 축방향 길이를 줄일 수 있음을 확인하였다.[4] 그리고, 회전자의 위치를 2°씩 이동시켜가면서 에너지 변화를 세밀하게 해석하였고, 그 결과 부토포크가 발생하는 구간을 확인하였다. 또한 도전각과 점호각에 따른 회전당 평균토오크를 계산하였다.[5]

제작된 시작기의 토오크를 실험하기 위해서는 전류원 또는 전압원 구동방식을 사용하여야 한다. 이미 전류원 구동방식에 대한 동작원리와 구동 드라이버를 제작하여 속도 특성을 확인한 바 있다.[6] 그러나 전류원 구동방식은 구동회로가 복잡하고 비용이 많이 든다. 따라서, 가장 간단한 형태인 스위칭 소자를 하나만 사용하는 구동회로와 동력계 세트를 제작하여 토오크를 측정하고자 한다.

2. DSPSRM의 토오크 측정 시스템 구성

토오크 측정을 하기 위해서는 제작된 시작기, 토오크 미터, 부하, 구동드라이브 및 회전자 위치 검출용 센서가 필요하고, 시스템 구성은 그림 1과 같다.

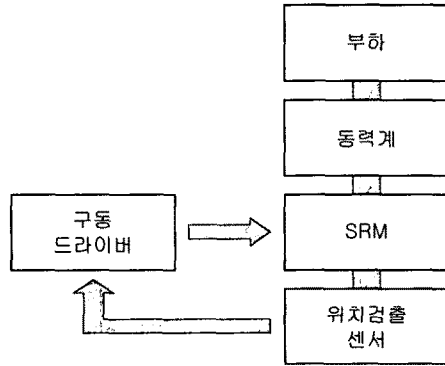


그림 1. 토오크 측정 시스템 구성도

2.1 구동 회로

DSPSRM의 토오크는 전류방향에 무관하므로 한 개의 스위칭 소자만으로 구동이 가능하다. 두 개의 스위칭 소자를 이용한 구동회로가 제어 능력이 더 뛰어나지만, DSPSRM의 최대 장점을 활용하려고 소자나 부품수를 최소화한 그림 2와 같은 구동회로를 선택하였다.

회전자가 회전할 때 3상 SRM의 인덕턴스는 그림 3과 같이 비정렬된 위치에서의 인덕턴스 L_u 와 정렬된 위치에서의 인덕턴스 L_a 로 변하고, 다른상에 대해 증가되는 인덕턴스를 가지므로 회전자가 어느 위치에서도 기동토오크를 발생시킬 수 있지만, 단상 SRM은 그림 2.4와 같이 회전자의 위치에 따라 인덕턴스 L 의 변화가 없는 부분이 있으므로 기동토오크가 발생하지 않는 위치가 있다.

따라서, 회전자가 정지해 있을 때 인덕턴스가 증가되는 부분에 회전자를 정지시키는 회전자 정지장치가 반드시 필요하다.

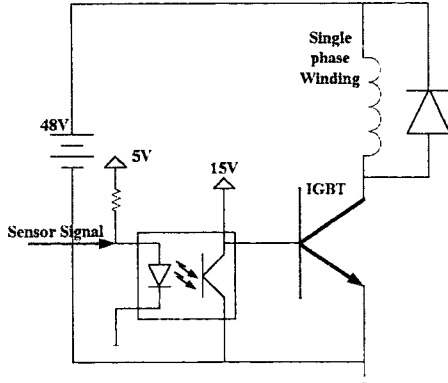


그림 2. DSPSRM의 구동회로

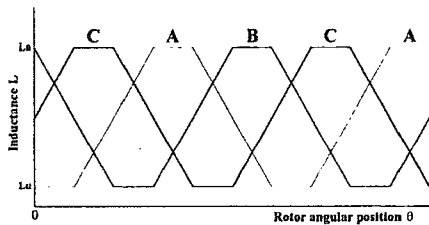


그림 3. 3상 SRM의 인덕턴스 변화

회전자 정지장치에 의해 회전자는 정해진 기동 위치에 정지하게 된다. 이때, 인덕턴스의 변화율이 적은 위치에 정지된다면 기동시 큰 전류가 인가되어 스위칭 소자의 용량이 커져야 된다. 그러나 그림 5와 같이 세분하여 예측된 토크에 의하면 회전자의 위치가 5-6°에서 큰 토크를 낼 수 있으므로 이 위치를 기동 위치로 선택한다.

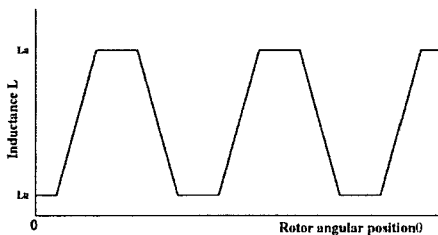


그림 2.4 단상 SRM의 인덕턴스 변화

DSPSRM의 발생 토크는 전류 크기와 여자시간으로 제어해야 한다. 그러나, 전류 크기나 여자시간을 제어하기 위해서는 전류제어기나 분해능이 높은 엔코더가 필요하게 되어 복잡하면서도 제작비를 높게 된다. 따라서, 간단한 구동 시스템을 위해 일정 구간만 전압을 인가할 수 있도록 그림 2.6과 같은 회전자 모양의 판을 제작하여 DSPSRM의 위치를 판별하게 하였다.

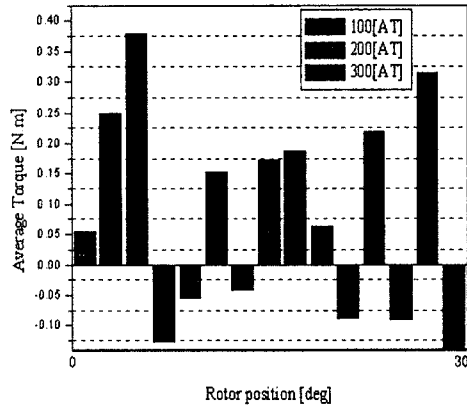


그림 5. 위치에 따른 토크

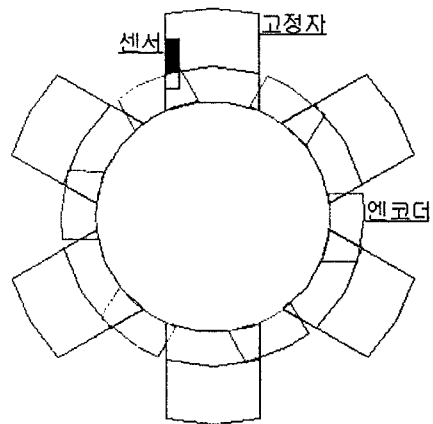


그림 6. 위치검출 센서 및 엔코더판

2.2 동력계 세트

그림 2.7은 DSPSRM에 적합하게 제작된 동력계 세트이다. 여기서, 토크 미터는 정격용량이 2[kgfm]이다. 또한 부하는 브레이크로서 0-24[V] 전압을 인가하면서 부하의 크기를 제어할 수 있다.

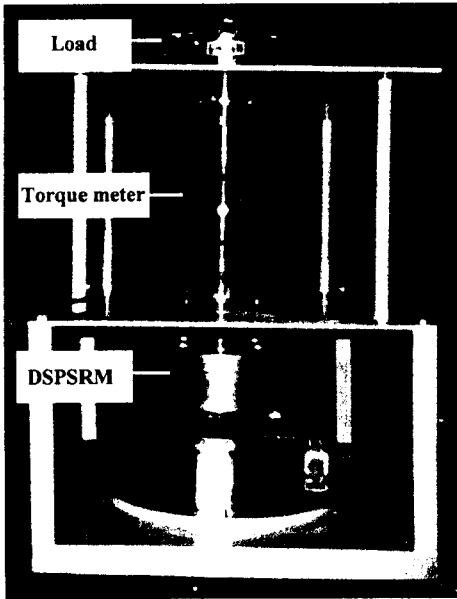


그림 7. 동력계 세트

2.3 토오크 측정 실험

그림 2의 구동회로와 그림 7의 동력계 세트를 제작하여 구동실험을 하였다. DPSRM의 무거운 외함으로 큰 전류가 인가되므로 잔류 전류로 인한 부 토오크가 발생할 수 있다. 그래서, 잔류 전류의 영향을 최소화하기 위해 정렬 위치 전에 전류를 차단하였다. 즉, 토오크가 큰 5°에서 25°까지 20° 동안 전원을 인가하였다. 이때의 전류 파형은 그림 8과 같다. 전류의 최대치는 8A이고 잔류전류의 영향은 없는 것으로 확인하였다.

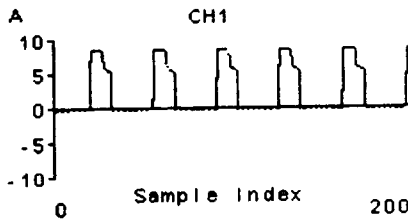


그림 8. 인가되는 전류 파형

그림 9는 일정전압[48V]을 그림 6의 센서를 이용하여 일정구간[20°]동안 인가해서 얻은 토오크 특성곡선이다. 무부하시 360[rpm]의 속도로 회전하며 부하를 점차적으로 인가하였을 때 200[rpm]까지 토오크가 선형적으로 감소되는 것을 알 수 있었다.

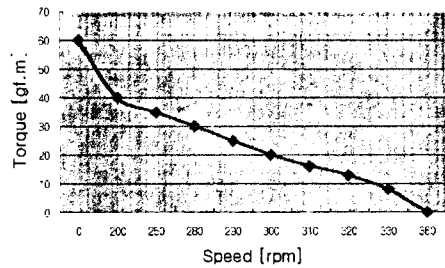


그림 9. 토오크 특성 곡선

3. 결 론

설계, 제작된 DPSRM의 3차원 유한요소 해석을 통하여 정형적으로 근사화된 토오크와 회전자 위치를 2°씩 이동시키면서 해석한 토오크 특성을 토대로, 본 논문에서는 동력계 세트와 간단한 구동 드라이브를 제작하여 DPSRM의 실제 토오크를 측정하였다.

5°에서 25°까지 20°의 일정구간동안 일정전압을 인가하여 토오크 특성 곡선이 속도 360~200[rpm]까지 선형적으로 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 선형적인 변화구간이 매우 짧아 가변속 구동에 큰 도움이 되지 못할 것 같다. 그러나 일정전압 일정구간 방식에 국한되어 측정을 하였고, 부하 변동에 민감하게 대처할 수 없었다. 따라서, 앞으로는 여러 구동방식 및 제어방식에 대한 고려가 필요할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이종한, 오영웅, 이은용, "3차원 FEM 해석에 의한 디스크형 단상 SRM의 시작과 특성해석", 대한전기학회 논문지, 48권 B, No.6, pp.316-321, 1999
- [2] 이종한, 이은용, 이동주, "3차원 유한요소법에 의한 디스크형 단상 SRM의 근사화된 토오크 특성", 대한전기학회 전기기기연구회 춘계 학술발표회 논문집, pp.88-90, 1998.5
- [3] 이종한, 이은용, 이동주, "포화를 고려한 디스크형 단상 SRM의 3차원 유한요소 해석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집(A권), pp. 325-327, 1998.7
- [4] 오영웅, 이은용, "디스크형 단상 스위치드 리럭턴스 모터의 공극 자속밀도의 3차원 해석", 대한전기학회 하계학술대회, pp.194-196, 1999.7
- [5] 오영웅, 이은용, 김성중, 우성봉, 이민명, "디스크형 단상 스위치드 리럭턴스 모터의 토오크 계산", 대한전기학회 추계합동학술대회, pp.39-41, 1999.10
- [6] 이종한, 오영웅, 이은용, "디스크형 단상 SRM의 구동드라이브 제작과 성능측정", 대한전기학회논문지, 49권 B, No. 1, pp.15-19, 2000.1