

고속 에어블로워용 4/2, 6/4 SRM 설계 및 특성 해석

안수용 이동희 안진우
경성대학교 메카트로닉스공학과

Design and characteristics analysis 4/2 and 6/4 SRM for high-speed air blower

Soo yong Ahn, Dong hee Lee, Jin woo Ahn
Department of Mechatronics Engineering, Kyungsung University

ABSTRACT

스위치드 릴럭턴스 전동기(Switched Reluctance Motor, 이하 SRM)은 간단한 구조와 기계적 강인성, 넓은 속도 범위를 사용할 수 있다는 장점이 있다. 하지만, SRM을 산업분야에 적용하기 위해서는 각각의 설계 변수에 따른 성능 변화에 대한 연구가 부족한 실정이며, 기기의 소형화에 대한 연구가 진행되어지고 있다. 본 논문에서는 2상 4/2극 SRM과 3상 6/4 SRM을 설계 하며, 2상 4/2극 SRM의 경우 스테퍼 회전자의 극호각과 스테퍼의 높이를 변수로 지정하여 성능을 확인하며, 3상 6/4극 SRM의 경우 2상 4/2 극 SRM 전동기 대비 기기의 소형화를 중점으로 설계 및 특성 해석을 수행하였다.

1. 서론

최근 전동력 응용 분야는 고효율 및 소형화의 추세로 발달하고 있으며, 압축기 및 에어블로워(Air Blower)와 같은 고속 운전 시스템이 필요한 사업 분야는 일반적으로 증속 기어 및 벨트를 사용하고 있다. 증속 기어 및 벨트를 이용한 시스템의 경우 부피와 소음 문제, 효율 감소 등의 문제를 발생시킨다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 고속 회전기의 직접연결을 통하여 시스템의 소형화와 전체 효율을 크게 개선시킬 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 고속 운전에 유리함을 가지기 위하여 극수가 작은 2상 4/2극 SRM과 신뢰성 및 제작성에서 인정을 받고 있는 6/4극 SRM을 설계 및 특성 해석하여 설계된 전동기의 성능과 소형화 가능성을 검증하고자 한다.

2. 에어블로워용 SRM 설계

표 1은 에어블로워용 SRM 설계의 목표인 기존 전동기의 파라미터 및 기존 시스템의 성능이다.

표 1. 기존 전동기의 파라미터 및 기존 시스템의 성능
Table 1. Parameters of existing motor and performance of existing system

전동기 부		에어 블로워 시스템 부	
외경	210 [mm]	최종 출력	11 [kW]
적층 길이	200 [mm]	정격 토크	5.25 [Nm]
공극	0.75 [mm]	정격 속도	20,000 [rpm]
		효율	85 [%]

2.1. 2상 4/2극 SRM 설계

2상 SRM의 경우, 그림 4에서 알 수 있듯이 토오크 데드 구간이 존재한다. 이를 극복하기 위하여 스테퍼 회전자 구조가 제안되었으며 가장 가격 및 제작성에 유리한 구조이다.

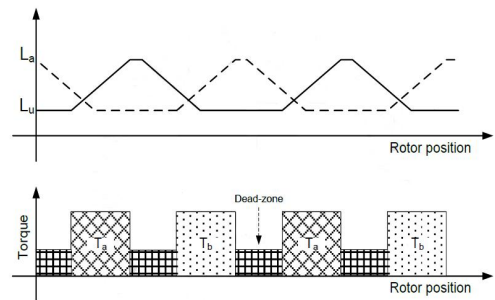


그림 1. 이상적인 2상 SRM의 인덕턴스 및 회전자 위치별 토크
Fig 1. Ideal inductance and torque per rotor position of two-phase SRM

스테퍼 회전자 설계 변수는 스테퍼의 극호각과 스테퍼의 높이로 지정하며 이 설계 변수의 변화에 따른 성능을 확인하여 적합한 설계값을 가지도록 설계 한다.

2.1.1. 스테퍼 극호각에 따른 성능 변화

스테퍼의 극호각에 따른 성능을 확인하기 위하여 스테퍼의 높이는 일정하게 유지한다. 스테퍼의 극호각 변화에,는 22 [deg]에서 42 [deg]까지 10 [deg]씩 변화하며 시뮬레이션 하여 극호각 별 토오크 형상을 확인하였다.

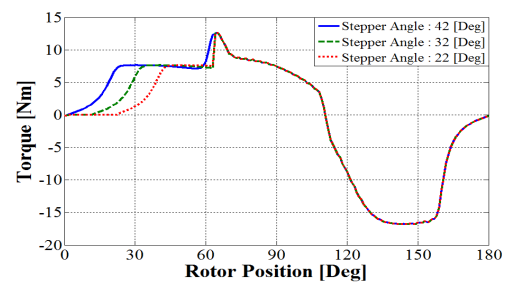


그림 2. 스테퍼 각도 별 토오크 특성
Fig1. Torque per stepper angle

2.1.2. 스테퍼 높이에 따른 성능 변화

스테퍼의 높이에 따른 성능을 확인하기 위하여 스테퍼의 극호각은 일정하게 유지한다. 스테퍼의 높이를 0.5mm에서 1.0mm까지 0.25mm씩 스테퍼의 높이를 증가하며 시뮬레이션하여 토오크 현상을 확인하였다.

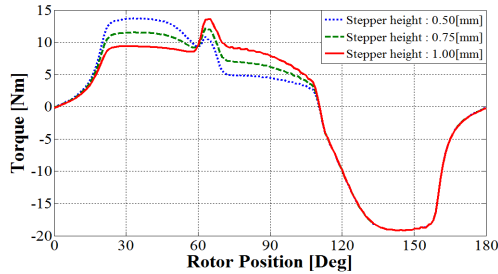


그림 3. 스테퍼 높이 별 토오크 특성
Fig 2. Torque per stepper height

2.2. 3상 6/4극 SRM 설계

일반적인 6/4극 SRM은 오랜 연구기간을 통하여 그 효율성과 신뢰성을 확보하고 있다. 최근 Nidec 社에서 고속 블로워 제품에 있어 실제 제품에 적용이 되어졌다. 6/4 SRM의 설계는 일반적인 SRM 설계 방식을 따른다.

2.3. 제안된 SRM의 파라미터

표 2는 제안된 4/2와 6/4극 SRM의 파라미터를 나타낸다.

표 2. 제안된 4/2, 6/4 SRM의 파라미터
Table 2. Parameters of 2-phase 4/2 SRM

Parameter	4/2 SRM	6/4 SRM
Stator Dia.	210 [mm]	150 [mm]
Stator yoke thickness	21 [mm]	15 [mm]
Stator pole arc.	47 [deg]	30 [deg]
Rotor Dia.	80 [mm]	64 [mm]
Rotor yoke thickness	21 [mm]	8 [mm]
Rotor pole arc.	90 [deg]	90 [deg]
Rotor Stepper arc.	43 [deg]	[deg]
Shaft Dia.	20 [mm]	25 [mm]
Air gap	0.5 / 1.5[mm]	0.5 [mm]
Stack length	100 [mm]	100 [mm]
turns per pole	38 [turns]	30 [turns]

3. 해석 결과

3.1. 2상 4/2 SRM 동특성 해석 결과

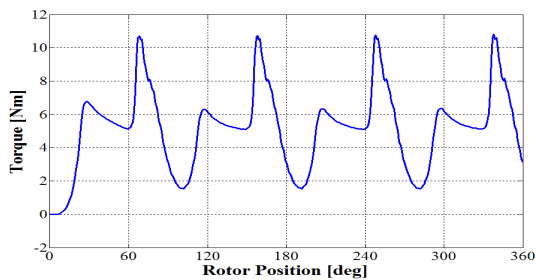


그림 4. 4/2 SRM의 토오크 특성
Fig 3. Torque profile of 4/2 SRM

3.2. 3상 6/4 SRM 동특성 해석 결과

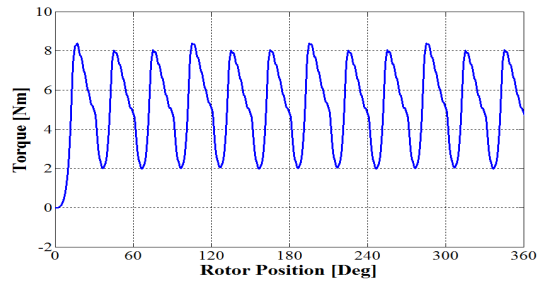


그림 5. 6/4 SRM의 토오크 특성
Fig 4. Torque profile of 6/4 SRM

4. 결론 및 고찰

2상 4/2 SRM에서 스테퍼 회전자의 극호각과 높이를 변수로 설정하여 특성 해석을 수행한 결과 스테퍼의 극호각이 작아질수록 초기 시동 토오크를 확립하는 시간이 늦어지며 그에 따라 토오크를 확립할 수 있는 구간이 줄어들게 되며, 스테퍼의 높이가 작아지게 되면 프링징 효과(Fringing Effect)가 발생하기 때문에 초기 시동 토오크 이후 토오크가 급격히 줄어드는 현상이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 상용 설계 프로그램을 이용하여 설계법을 구현한 결과 설계된 4/2 SRM의 경우 스테퍼 회전자로 인한 설계 변수의 증가로 전동기 체적대비 최대의 효율을 설계하지 못하였으나 6/4 SRM의 경우 기존 전동기 대비 소형화와 효율에 있어 큰 강점을 가지는 것을 확인하였다. 향후 본 논문에서 제안된 6/4와 같은 체적의 4/2 SRM에 대한 설계와 제작 및 실험을 통하여 스테퍼 회전자에 대한 설계 방법을 제시하고자 한다.

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 에너지인력양성사업으로 지원받아 수행한 인력양성 성과입니다. (No. 20164010200940)

참고 문헌

- [1] 안진우, “스위치드 릴럭턴스 전동기”, 오성미디어, 2004
- [2] Krishnan, R., “Switched Reluctance Motor Drives: Modeling, Simulation, Analysis, Design, and Applications”, CRC Press, 2001
- [3] Pham Trung Hieu, Dong Hee Lee, Jin Woo Ahn, “Design of 2 Phase 4/2 SRM For Low Torque Ripple”, 대한전기학회 학술대회 논문집, pp. 101-104, 2012