

스위치드 릴럭턴스 모터의 설계와 특성 시뮬레이션

장석명, 서진호, 정상섭, 문정술, 성세진
충남대학교 공과대학 전기공학과

Design and Simulation on the Characteristics of SRM

Jang S. M, Seo J. H, Jeong S. S, Moon J. S, Seong S. J
Chungnam Nat'l University

Abstract - The switched reluctance motor is an electric machine in which torque is produced by the tendency of its movable part to move to a position where the inductance of the excited winding is maximized. It is as well as PM brushless dc systems. It's many advantages—a wide speed range, and inherently simplicity and ruggedness, low manufacturing cost, make it a vigorous challenger to these drives. It is a fascinating machine with all kinds of interesting application possibilities. In this paper, the design and evaluate the performance is treated.

(기차력)의 계산 및 전기회로정수의 결정 과정이 있다.

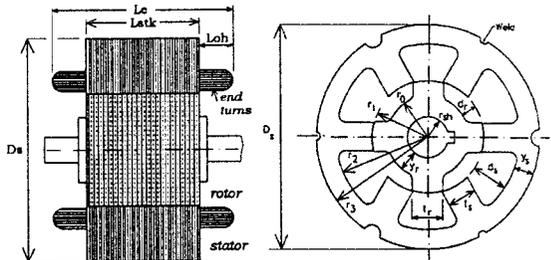
2.1 설계모델

설계 및 특성 해석 모델은 1Hp, 2000 rpm의 산업용으로 선정하였다. 그림 1과 표. 1은 그 모델과 필요한 요구사항을 보여준다.

1. 서론

스위치드 릴럭턴스 모터(Switched Reluctance Motor)의 기본개념은 1838년대에 일찍이 확립되었지만 크게 발전하지를 못하다가 1960년대 중반부터 dc와 ac드라이브, 브러시리스 dc드라이브와 경쟁적인 수준에서 서서히 발전해 오기 시작하였다. 최근 1980년대 부터는 컴퓨터에 의한 설계기술, 전력 전자소자 및 드라이브 회로설계기술, 센서활용기술 등의 발전에 힘입어 빠른 속도로 발전하고 있고, 가전기기나 자동차, 항공기의 오일펌프, 가스터빈 등의 광범한 분야에서의 구동력발생장치로 그 응용이 확산되고 있으며, 최근 국내외적으로 연구개발이 크게 이루어지고 있다.

본 연구에서는 기본이론식에 의한 설계법을 확립하고, 운전조건과 그 특성을 해석검토하기 위하여 해석프로그램인 PC-SRD로 시뮬레이션을 하였다. 이로써 초고속형 스위치드 릴럭턴스모터를 실제 제작하여 응용하기 위한 기반을 확립하고자 하였다.



(a) 측면도 (b) 정면도
그림. 1 스위치드 릴럭턴스 모델

표.1 설계 모델의 요구 사양 및 지침

파라미터	심벌	값	단위
출력	P	1	Hp
회전자 체적당 토크	TRV	15	kNm/m^3
회전자 지름에 대한 stack 길이의 비	L_{stk} / D_r	1	
회전자 극수	N_r	4	No.
고정자 극수	N_s	6	No.
DC 공급 전압	V_s	50	V
상수	m	3	No.
경계 회전속도	n	1500	rpm

2. 스위치드 릴럭턴스모터의 설계

스위치드 릴럭턴스모터의 설계는 요구사항과 설계 지침에 따른 설계모델의 설정, 적용범위에 따른 설계상수 결정, 자기회로 및 체적의 결정, 암페어-턴

2.2 설계과정

표. 1의 요구사항을 입력조건으로 하여 PC-SRD에 의해서도 대략적인 자기회로와 전기회로 설계가 가능하며, 실제 특성식과 설계지침에 의한 설계결과와 비슷하다. 그러나 어떤 경우에는 PC-SRD에 의한 설계가 적합하지 않으므로 그림 2와 같은 알

고리즘에 의해 계산한 설계 파라미터를 PC-SRD에 입력할 필요가 있다. 그림 2에서 회전자 지름에 대한 stack 길이의 비는 일반적으로 1이며, 이때 공극 g 는 회전자 지름의 0.5% 정도이다.

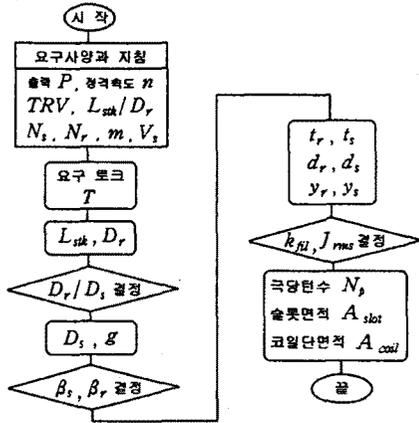


그림. 2 자기회로와 전기회로를 결정하는 흐름선도

2.3 설계 파라미터

그림 2의 알고리즘에 따라 계산된 설계파라미터는 표 2와 같다. 이 파라미터는 PC-SRD에 입력되며 구동시스템의 파라미터와 운전조건에 의해 모터의 운전 특성이 결정된다.

표. 2 설계파라미터

파라미터	심벌	값	단위
고정자 지름	D_s	134.0	mm
회전자 지름	D_r	67.0	mm
stack 길이	L_{stk}	67.0	mm
공극	g	0.3	mm
고정자 극호	β_s	30.0067	°
회전자 극호	β_r	32.057	°
고정자 슬롯 깊이	d_s	21.5	mm
회전자 슬롯 깊이	d_r	8.8	mm
고정자 요크 두께	y_s	11.7	mm
회전자 요크 두께	y_r	12.3	mm
축 지름	D_{sh}	24.8	mm
극당 턴수	N_p	19	

3. 특성해석

설계파라미터에 의한 스위치드 릴럭턴스 모터의 특성을 해석하기 위해서는 제작하여 실험을 해야만 한다. 그러나 그 전 단계로 설계분야에서, 수년간 산업분야의 응용을 위한 proto-type 제작 및 실험을 통하여 성공적으로 활용하여 해석프로그램으로써 그 타당성이 이미 입증된 바 있는 소프트웨어 PC-SRD를 이용하여 특성을 해석하기로 한다.

3.1 프로그램구성

특성해석에 사용된 소프트웨어 PC-SRD는 그림 3과 같이 구성된다. 요구사항과 경험적 자료에 의해 결정된 모터의 체격값을 프로그램에 입력하여 도면화한다. 그리고 구동 시스템의 파라미터와 운전조건 등의 자료를 입력하면 전류 및 토크, 에너지 변환 등의 특성이 시뮬레이션되며, 권선자료, 손실, 효율 등의 자료를 볼 수 있다.

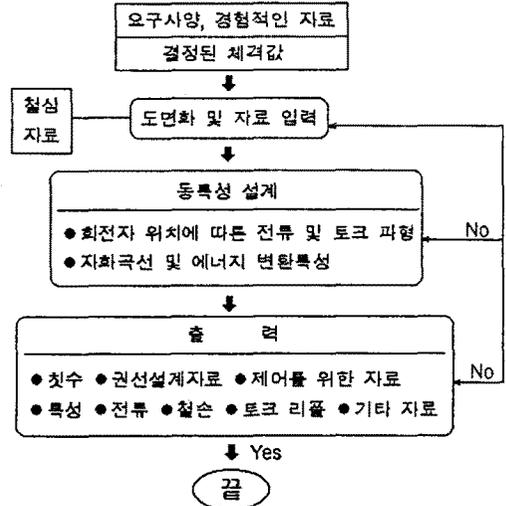


그림. 3 PC-SRD 설계 및 특성 해석 구성도

모터의 특성 시뮬레이션에서 그 정확성을 높이기 위해서는 실제 실험치 또는 FEM 해석치 B-H 곡선을 입력해야 한다. 그림 4는 시뮬레이션에 사용된 철심(Losil500)의 B-H 곡선이다.

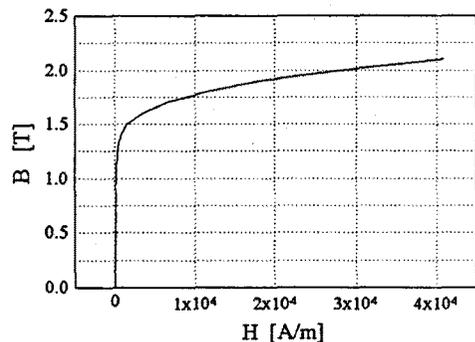


그림. 4 시뮬레이션에 사용된 철심의 B-H 곡선

3.2 시뮬레이션 결과

스위치드 릴럭턴스 모터의 자기회로 및 전기회로의 동일하게 놓을 경우, 모터의 특성은 주로 turn-on 및 turn-off 각에 의해 결정된다. 요구되는 출력을 얻기 위해 turn-on 각과 turn-off 각을 변화시켜 시뮬레이션을 시행하였다.

그림 5과 그림 6은 turn-on 각과 turn-off 각을 변화

시켰을 때의 전류파형을 보여준다. 최적의 turn-on 및 turn-off 각은 요구출력을 얻고 전류의 피크영역이 평평해야 한다.

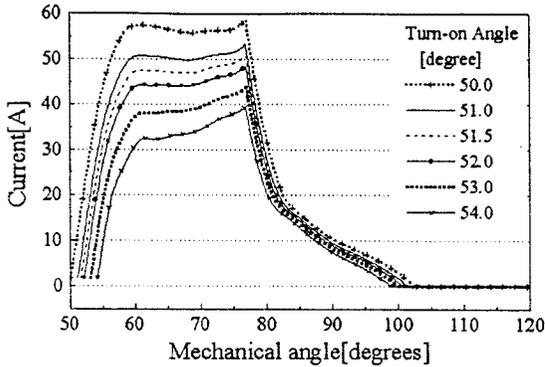


그림. 5 Turn-on각에 따른 상전류 파형 (Turn-off 일정 = 77°)

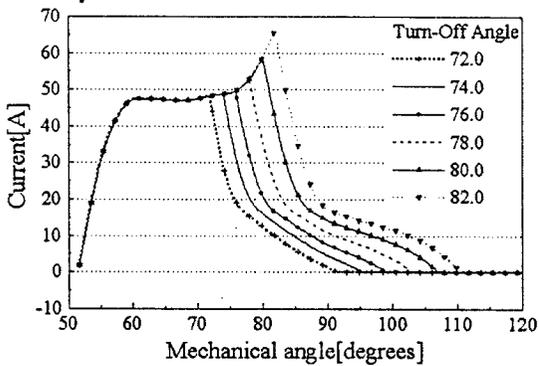


그림. 6 Turn-off각에 따른 상전류 파형 (Turn-on 일정 = 51.5°)

그림 7과 그림 8은 turn-on각과 turn-off각을 변화시켰을 때의 토크파형을 보여준다.

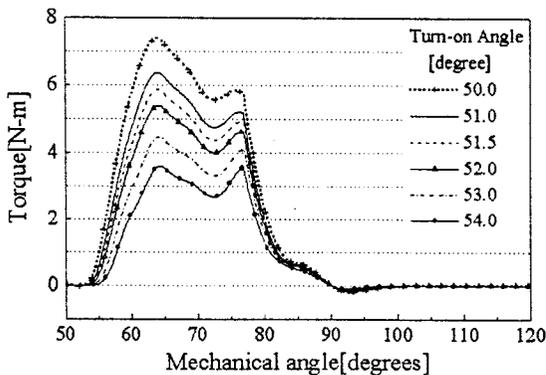


그림. 7 Turn-on각에 따른 토크파형 (Turn-off 일정 = 77°)

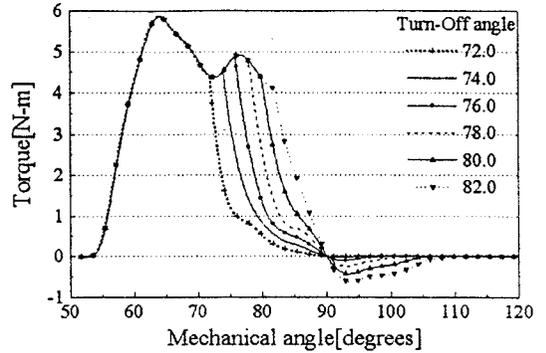


그림. 8 Turn-off각에 따른 토크 파형 (Turn-on 일정 = 51.5°)

그림 5에서 그림 8까지의 turn-on 및 turn-off 각에 따른 상전류 및 토크 파형, 그리고 모터출력, 운전 시 손실, 효율, 토크 리플 등의 기타 자료를 통해 운전에 적절한 turn-on 및 turn-off 각을 결정할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 기본 특성식과 설계 지침에 의해 스위치드 릴럭턴스 모터를 설계하였고, 이를 PC-SRD에 의한 설계 결과와 비교검토했었다. 그리고 그 설계 결과를 이용하여 PC-SRD로 시뮬레이션하였다. 그 결과 상전류 및 토크 파형, 그리고 모터출력, 운전시 손실, 효율, 토크 리플 등의 모터 특성에 관한 기초 자료를 얻을 수 있었다.

앞으로 다양한 설계 및 구동 파라미터에 따른 시뮬레이션과 그 결과분석이 이루어져야 하겠다. 또한 이를 통해 실제 모델에 적용하는 방법을 연구해야 할 것이다.

5. 참고문헌

- [1] T. J. E. Miller "Switched Reluctance Motors and their Control", Magna Physics Publishing Oxford Science Publications, 1993.
- [2] T. J. E. Miller "Switched Reluctance Motor Drives", Intertec Communications Inc., 1988
- [3] 장석명의, "Switched Reluctance Motor의 기본 설계", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 1996. 7. 22-24