

비선형을 고려한 축방향 릴럭턴스 전동기의 정·동특성 해석

김경호*, 윤선기*, 조윤현*, 강도현**, 김종무**, 정연호**
 *동아대학교 전기공학과, **한국전기연구원

Static and Dynamic Analysis Axial Flux Reluctance Motor Considering nonlinearity

Kyung Ho Kim*, Sun Ki Yoon*, Yun Hyun Cho*, Do Hyun Kang**, Jong Mu Kim**, Yen Ho Jeoung**
 *Dong-A University, Electrical Department, **KERI

Abstract -The paper is described about the characteristics analysis of Axial Flux Reluctance Motor(AFRM) with nonlinear analytical modeling. The parameter of the modeling is computed by the finite element method as functions of input current and angular displacement. To investigate the dynamic characteristics of AFRM, the current, torque, back EMF and output power wave is simulated from the motion equation by MATLAB/Simulink.

설계사양은 표 1과 같다. 실험에 사용된 전동기는 10 [kW]급이다.

표 1. SRM 설계 사양

구분	사양
공극 (δ)	0.35mm
극간격 (τ_p)	10.45mm
슬롯폭 (S_w)	10.45mm
치폭 (t_w)	10.45mm
pole 길이 (h_i)	20mm
상수 (m)	4상
회전자 직경	160mm
회전자 길이	500mm
권선치수	1mm×3mm
권선수(1상)	80turn
고정자,회전자 철심	35PN380

1. 서 론

스위치드 릴럭턴스 전동기(Switched Reluctance Motor)의 구조적인 면에서 회전자 권선이 없으므로 간단하고 고장이 적어 신뢰도가 높다. 일반 전동기의 취약점 중의 하나인 브러쉬와 정류자가 없기 때문에 크기가 작아지고 무게가 가벼워지며, 일정속도를 유지하기 위한 속도를 유지하기 위한 제어도 용이하다. 또한 유도전동기에 비해 회전자에 발생되는 손실이 거의 없기 때문에 장시간 운전이 필요하거나 기동과 정지가 빈번한 경우에 유리하며, 고정자에서만 열이 발생하여 전동기를 냉각시키기도 용이하다. 회전자의 관성이 작으며 넓은 범위의 속도에서 고효율 운전이 이 가능하다. 반면에, 전동기의 구조상 소음과 진동에 의한 단점을 갖고 있다. 그러나 높은 경제성과 강한 제어성 때문에 스위치드 릴럭턴스 모터를 가변속 구동시스템으로 활용하기 위한 연구가 진행중이고 선진국에서는 가정기구나 자동차, 항공기의 오일펌프, 가스터빈 등을 중심으로 실용화되고 있다.

이상의 축방향 스위치드 릴럭턴스 전동기의 특성 해석시의 자기적 비선형 특성을 고려한 해석 방법을 제안하였다. 유한 요소법을 이용하여 인덕턴스를 구하였으며, 특성방정식을 이용하여 Matlab/Simulink 시뮬레이션 하였다.

2. 본 론

2.1 구동원리 및 구조

SRM은 회전자 및 고정자가 모두 돌극형 구조로 되어 있으며, 고정자에만 집중권으로 되어 있다. SRM은 자기회로가 최소화되는 방향으로 토크가 발생한다. 릴럭턴스 전동기는 토크를 최대한 이용하기 위하여 인덕턴스의 변화율에 따른 부하전류를 일정하게 제어하기 위해서 다른 스위치를 on-off를 확립한다. 본 논문에서 사용하게 될 4상 축방향 릴럭턴스 모터의 구조는 그림 1과 같다.

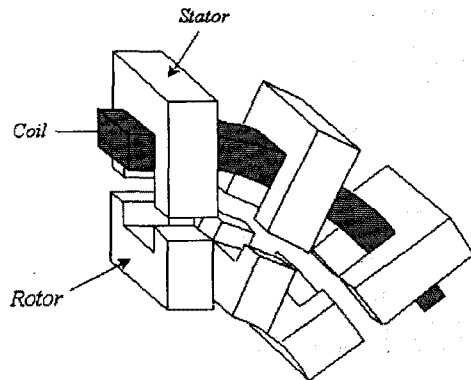


그림 1. 전동기의 구조

2.2 SRM control.

일반적으로 스위치드 릴럭턴스 전동기는 상권선 상호간의 상호 자속이 무시되는 구조로 설계되었으며, 상권선 상호간에 결합이 없는 간단한 방정식이 구성된다. SRM 드라이브에서의 토오의 고정자 권선에 전압을 인가할 경우 전압 방정식은 식 (1)과 같다.

$$V(t) = Ri(t) + \frac{d\lambda(i, \theta)}{dt} \quad (1)$$

토오크 방정식은 식 (2)와 같다.

$$T(i, \theta) = \frac{\partial W_c}{\partial \theta} \quad (2)$$

전압방정식은 식 (1)로부터 식 (3)과 같이 된다.

$$V(t) = Ri(t) + \frac{\partial \lambda(i, \theta)}{\partial i} \frac{di}{dt} + \frac{\partial \lambda(i, \theta)}{\partial \theta} \frac{d\theta}{dt} \quad (3)$$

$$= Ri(t) + K_i \frac{di}{dt} + K_\theta \frac{d\theta}{dt}$$

식 (3)의 우변의 첫째항은 각 권선의 저항에 의한 전압강하, 둘째항은 리액턴스 전압강하이며, 셋째항은 속도 기전력이다.

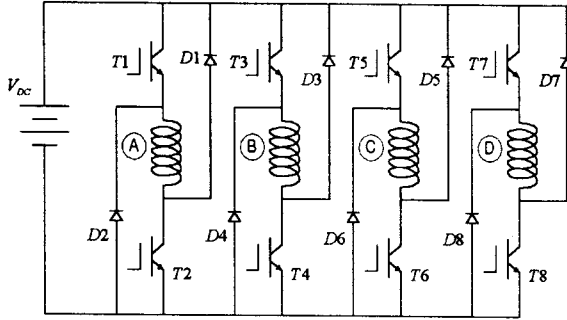


그림 2. SRM 제어회로도

그림 2는 4상 제어를 하기 위한 회로도이며, 여기서는 정전류를 제어하기 위하여 히스테리시스 폭을 사용하였다. 인가 전압은 500[V]이며, 기준전류는 20[A]로 두고 ± 1 [A]의 밴드폭으로 제어한다.

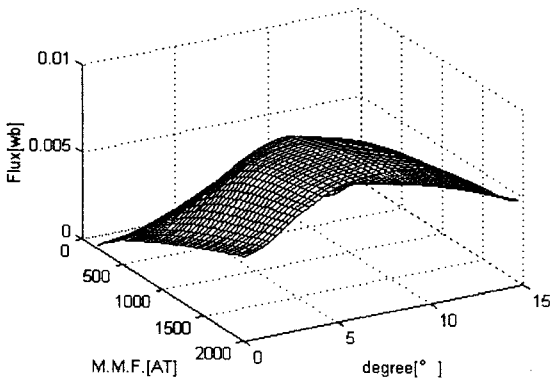


그림 3. 자속분포곡선

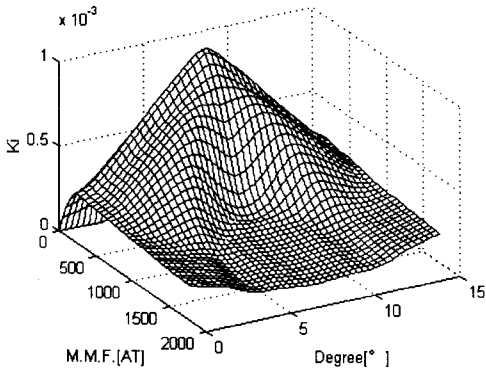


그림 4. K_i 특성곡선

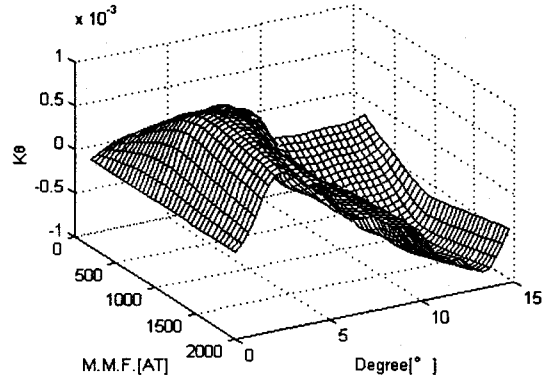


그림 5. K_θ 의 특성곡선

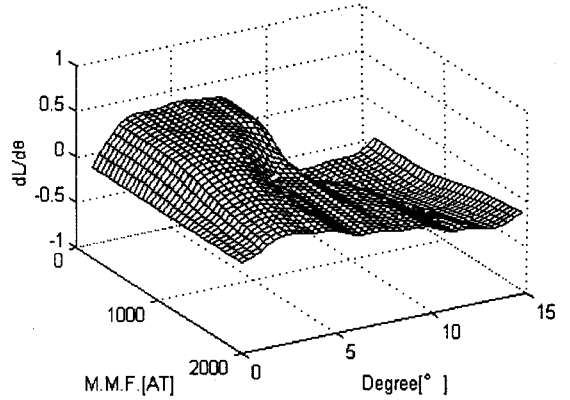


그림 6. $dL/d\theta$ 특성곡선

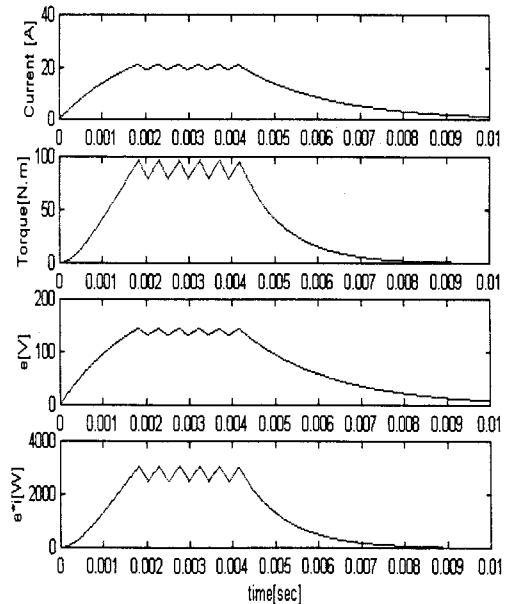


그림 7. 400[rpm]일 경우 선형적인 특성해석

(참 고 문 헌)

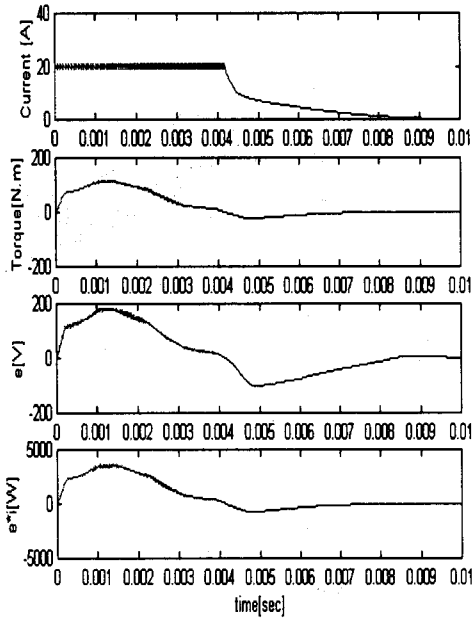


그림 8. 400[rpm]일 경우 전동기의 특성곡선

- [1] T.J.E. Millwr "Switched Reluctance Motors and Their Control," Magna Physics Publishing and Clarendon Press · Oxford 1993
- [2] L.E. Unnewehr and W.H. Koch, "An Axial Air-Gap Reluctance Motor for Variable Speed Application," IEEE TRANS., PAS-93, pp367-376, 1974
- [3] G. E. Dawson, A. R. Eastham, and J. Mizia "Switched Reluctance Motor Torque Characteristics," IEEE Con LAS, pp864-869, 1989
- [4] B. C. Mecrow, "New winding configurations for doubly salient reluctance machines," IEEE IAS Conference Proceedings, Houston, 1992
- [5] M. R. Harris et al, "Discussion on Variable-Speed Switched Reluctance Motor," IEE Proc., Vol.128, Pt.B, No.5, Step, pp260-268, 1981
- [6] D. W. J. Pulle, "A novel axial flux Switched reluctance motor for variable speed drive operation," Australian Conference on Industrial Drives, Townsville, 1, 1991
- [7] J. W. Finch, M. R. Harris, and H. M. B. Metwally, "Switched Reluctance Motor Excitation Current: Scope for Improvement," IEE Conf. on Power Electronics & Variable Speed Drives, No. 264, pp197-202, Nov. 1986
- [8] G. S. Buja and M. I. Valla, "Control Characteristics of the SRM Drives-Part I: Operation in the Linear Region."

3. 결 론

본 연구에서 연구한 자속이 회전자의 진행방향의 수직인 축방향으로 자로를 형성하는 스위치드 릴럭턴스 모터를 동특성 해석을 위해 유한요소법으로 K_i , K_θ , $dL/d\theta$ 의 특성곡선을 구하여, 전압 방정식에 대입하여 선형 해석 과 비선형 해석 방법을 비교, 고찰하였다.

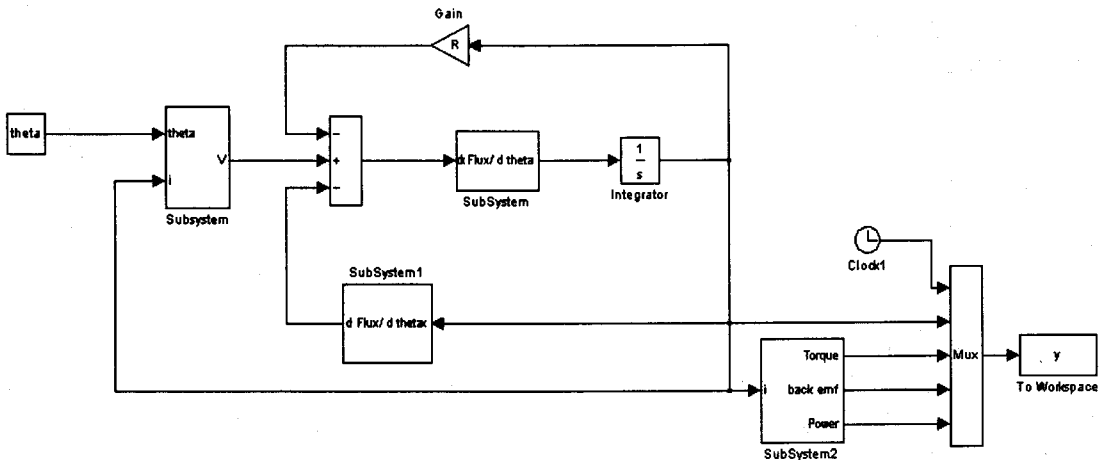


그림 9. Block선도