

최대 토크/효율 및 최소 토크맥동을 위한 스위칭각/전압에 의한 SRM운전

車賢錄, 金鉉憲, 金兆憲, 任永徽, 張都鉉

A SRM driving with voltage and switching angle for maximum torque/efficiency and minimum torque ripple

Hyun-Rok Cha, Hyun-Duk Kim, Gwang-Heon Kim, Young-Cheol Lim, Do-Hyun Jang

요 약

이 논문은 4상 6극 SRM의 최대토크/효율 및 최소토크맥동 운전을 위한 적정 전압과 스위칭각에 관한 연구이다. SRM은 비선형적인 특성이 강하여 해석적인 방법으로 특성을 고찰하거나 속도/토크 제어가 어려운 단점이 있다. 이 논문에서는 최대토크/효율 및 최소토크맥동의 운전이 가능한 최적의 스위칭각과 전압을 SIMULINK를 이용하여 구하였다. 시뮬레이션 결과 최대토크운전에서는 속도는 스위칭각에 의존되고, 토크는 전압에 의존됨을 알 수 있었다. 뿐만 아니라 최대효율, 최소토크리플운전에서는 전압보다는 속도와 스위칭각에 의해서 최대효율과 최소토크리플이 발생하는 것을 알 수 있었다. 시뮬레이션에 의해서 구해진 최적각들을 ROM 데이터형식으로 참조 테이블을 만들어 마이크로 프로세서를 이용하여 구동하여 최대토크/효율, 최소토크리플 운전의 타당성을 보였다.

ABSTRACT

This paper presents the switching angle and voltage to maximize torque/efficiency and minimize torque ripple in the 4-phase 6-poles Switched Reluctance Motor (SRM). SRM drive has high saturation and nonlinear characteristics of inductance. So we cannot hard to find optimal operation condition by using analytic method.

Therefore it is hard to find the operating the switching angle and voltage through the approximated analysis and computer simulation by using SIMULINK[®] according to the speed and torque required by load. From the results, we can say that the optimum average voltage is determined by the load only and the speed is determined by the optimum turn-on/off angle only. And the maximum efficiency and minimum torque ripple depend on switching angle, not on voltage. And then one-chip microcontroller controls the switching angle and voltage of an asymmetrical inverter in the SRM driver. This drive method, which is expect that the driving methods, which are maximizing torque/efficiency and minimizing torque ripple, will be suitable for the electric vehicle, the industrial application and household appliances.

Key Words : switched reluctance motor, switching angle/voltage control, maximum efficiency, maximum torque, minimum torque ripple

1. 서 론

SRM은 유도기에 비하여 구조가 간단하여 가격이 저렴하며, 토크밀도와 효율이 높고, 인버터에 흐르는 전류의 극성과 상관없이 인버터가 간단하고 다양한 계 시스템을 구성 할 수 있다.^[1] 위와 같은 특성들로

인해 산업용과 전인용뿐만 아니라 세탁기와 청소기 등의 가정용으로도 적용이 활발히 고려되고 있다. 그러나 SRM의 비선형성 때문에 해석적인 방법으로는 최대토크/효율 및 최소맥동토크 등을 위한 적절한 운전 조건을 찾기가 매우 어렵다. 따라서 본 논문에서는 비선형적인 인덕턴스 프로파일에 기초를 둔 적절한 스위

칭각의 조정특성 및 적정 전압 여자 특성 그리고 전류, 토크를 해석함으로써 최대토크/효율 및 최소맥동토크의 스위칭각과 전압을 구하기 위해 FLUX 2D와 MATLAB[®]의 SIMULINK[®]를 이용하여 자속의 포화를 고려한 인덕턴스 프로파일을 계산하였다. 구해진 최대토크/효율, 최소리플에 대한 스위칭각과 전압은 ROM에 저장하여 속도명령과 부하토크에 따라 마이크로 컨트롤러에 의해 출력되도록 하였다. 이를 실험을 통해서 시뮬레이션된 스위칭각과 전압에서의 토크/효율 및 최소맥동토크가 발생되는 것을 전류의 형상을 통해서 검증하였다.

2. SRM 제어 특성

SRM의 입력전압을 일정하게 하는 경우 발생토크는 상 스위치의 턴온/오프각으로 제어하게 된다. 일반적으로 턴온각 또는 턴오프각을 결정하는 방식은 그림 1과 같이 두 가지 방식으로 나눌 수 있다.

그림 1(a)는 일정 토크각 제어 방식으로써 속도 또는 부하 변동에 대해, 턴오프각을 고정시키고 턴온/오프각을 조정한다. 이 방식은 정격 출력 범위 내에서는 효율 변동이 적은 장점이 있다. 그러나 전동기 토크를 증가시키기 위해 턴온각을 크게 앞으로 이동할 경우 인덕턴스 감소지역에서도 전류가 흐르게 되어 부토크가 발생하며, 이에 따라 효율이 감소하는 단점이 있다.

그림 1(b)는 일정 드웰각 제어 방식으로서 속도 또는 부하 변동에 대해 θ_{dw} 를 일정하게 유지하면서 턴온/오프각을 조정한다. 속도를 증가시키거나 부하가 증가되더라도 일정속도로 유지하기 위해 턴온각을 앞으로 이동할 경우 부토크 발생 가능성이 적다. 그러나 정격출력의 한계가 크므로 과부하시 불안정하게 구동된다.^[2]

따라서 턴온각의 위치와 상전류에 대해 기존의 방법인 일정 드웰각 제어방식 또는 일정 토크각 제어 방식에서 결정되는 턴오프각이 아닌, 적절한 지점에서 턴오프해야 할 필요가 있다. 그러나 일정 턴온각에서 고효율, 최대토크를 유지하기 위한 턴오프각을 결정하는 것은 자기포화 현상을 고려해 볼 때 거의 불가능하다. 또한, 토크제어 변수를 턴온각, 입력전압의 통류율, 부하의 크기, 컨버터 도플로지 등으로 확대할 경우 최대토크가 나타나는 θ_{dw} 의 크기는 더욱 예측하기 힘들게 된다.

이를 위해서 본 논문에서는 인덕턴스의 비선형성과 손실을 고려한 SRM의 시뮬레이션을 통하여 그 값을

도출해 내는 방법을 택하였다.

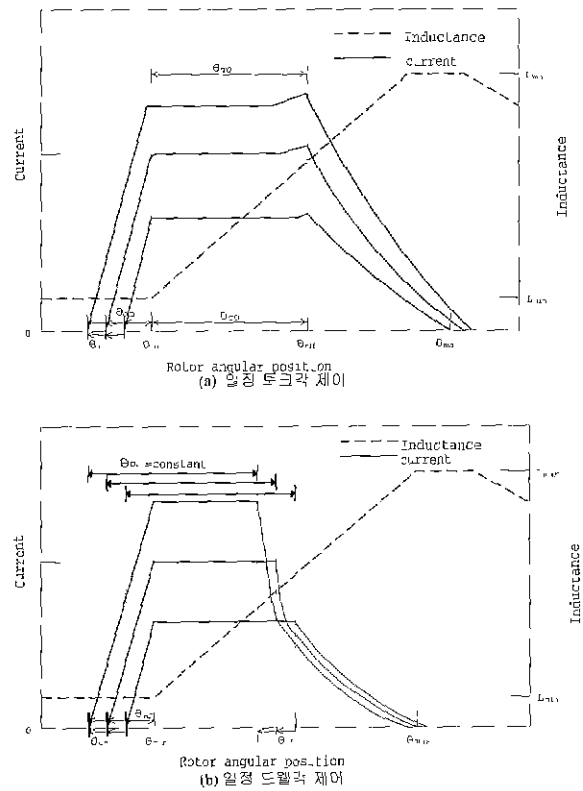


그림 1 일반적인 스위칭각 제어방법
Fig. 1 General switching angle control method

3. SRM의 SIMULINK 모델 및 시뮬레이션 결과

3.1 SRM의 1상당 SIMULINK 모델

SRM의 전압방정식과 쇄교자속의 미분식은 각각 식 (1)과 식 (2)와 같다.^{[3][4]}

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

- 여기서, V : DC 링크 전압
- λ : 쇄교 자속
- r : 상의 권선 저항
- i : 상전류

식 (1)의 두 번째 항인 자속 쇄교에 관한 미분항을 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{d\lambda(\theta, i)}{dt} = i \frac{d\theta}{dt} \frac{dL(\theta, i)}{d\theta} + L(\theta) \frac{di}{dt} \quad (2)$$

여기서, $L(\theta, i)$: 자기 인덕턴스

전동기 속도가 일정하다고 가정하여 식 (2)의 $\frac{d\theta}{dt}$ 를 상수인 w 로 둘 때 식 (2)는

$$V = r i + w \frac{dL(\theta, i)}{d\theta} i + L(\theta) i \frac{di}{dt} \quad (3)$$

와 같이 된다. 식 (3)을 전기적 순서 입력으로 나타내면 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$V_i = r i^2 + w \frac{dL(\theta, i)}{d\theta} i^2 + L(\theta) i^2 \frac{di}{dt} \quad (4)$$

식 (4)의 각항은 저항에서 발생하는 손실과 자체에 저장된 에너지의 미분값과 기계적 출력의 함으로 구분될 수 있다.

일반적으로 발생토크는 coenergy개념에서 유도할 수 있다. coenergy는 자기포화를 무시하는 경우에 식 (5)와 같다.

$$W_c(\theta, i) = \int_0^i L(\theta) i di = \frac{1}{2} L(\theta) i^2 \quad (5)$$

발생토크는 coenergy를 위치각 θ 로 미분한 값으로 식 (6)과 같다.

$$T = \frac{\partial W_c(i, \theta)}{\partial \theta} \quad (6)$$

식 (5)를 식 (6)에 대입하여 계산하면 SRM의 발생토크는 식 (7)와 같다.

$$T_{out} = \frac{1}{2} i_a^2 \frac{dL(\theta)}{d\theta} + \frac{1}{2} i_b^2 \frac{dL(\theta - 15^\circ)}{d\theta} + \frac{1}{2} i_c^2 \frac{dL(\theta - 30^\circ)}{d\theta} + \frac{1}{2} i_d^2 \frac{dL(\theta - 45^\circ)}{d\theta} \quad (7)$$

여기서, i_a, i_b, i_c, i_d : 각상의 전류

SRM의 운동 방정식은 식 (8)와 같다.

$$T_M = \frac{dw(t)}{dt} J_m + B_m w_m(\dot{\theta}) + T_l + T_f \quad (8)$$

여기서, J_m : 전동기 관성 모멘트,

B_m : 전동기 점성 마찰계수,
 T_l : 부하토크

식 (3)~(8)를 이용하여 MATLAB SIMULINK[®]을 통하여 8/6 SRM을 시뮬레이션 한다. 최대토크는 주어진 운동방정식과 토크식에서 구할 수 있었다. 초기 전압, 스위칭각을 초기 상수값으로 주면 운동방정식에서 회전자의 위치와 속도를 구할 수 있고, 이에 따라서 출력되는 인덕턴스값을 참조하여 토크값을 구할 수 있었다. 토크값으로 부터 최대토크 및 최소토크리플이 발생하는 전압 및 스위칭각을 구할 수 있었다.

SRM의 비선형적인 특성을 고려하기 위해 실험용으로 사용한 Prototype의 S전자의 SRM 설계치수를 이용하여 FLUXE2D로 구한 인덕턴스 프로파일은 그림 2와 같다. 최소 인덕턴스의 값이 거의 같지만 최대 인덕턴스 구간에서는 정격전류 5A의 범위내에서 전류의 크기에 따라 12.1~22.6mH로 포화영역이 나타난다.

그림 3은 시뮬레이션을 위한 SIMULINK 모델로 전압인가부, 전류와 토크 계산부, 인덕턴스 프로파일 참조부로 이루어져 있다. 전압 인가부는 컨버터 토폴로지별로 다양한 적용이 가능한 형태로 구성하였으며, 전류와 토크 계산부는 식 (3)~(5)로 구성되어 있다. 인덕턴스 프로파일 참조부는 그림 2로 시뮬레이션된 결과내 데이터가 회전자 위치 θ 에 따라 참조될 수 있도록 구성되어 있다. 실험에 사용한 전동기 정수를 표1에 나타내었다.

3. 2 시뮬레이션 결과 및 검토

모델링한 결과를 가지고 스위칭각 및 입력 전압에 따른 토크 발생을 시뮬레이션 하였다. 그림 3의 SIMULINK 모델을 이용하여 최대토크/효율 및 최소 맥동토크의 스위칭각과 전압을 구한다. 그림 4는 어떤 일정속도와 전압에서 턴온각과 턴오프각을 변화시킬 때 최대토크를 갖는 턴온/오프각을 먼저 찾는다. 그리고 다시 전압과 속도를 각각 차례대로 기변하여 같은 방법으로 최대토크를 갖는 턴온/오프각을 찾는다. 이들 점들이 만드는 곡선이 그림 4이다. 발생시키는 턴온/오프각은 전압에 거의 관계없이 일정하며, 다만 최대토크의 크기는 자체 전압에 크게 관계함을 알 수 있다. 즉 식 (5)와 그림4에서 부하토크가 일정할 때 속도 제어는 스위칭각에 의해서 그리고 속도가 일정할 때 부하토크에 대응하는 발생토크는 전압의 크기에 의해서 독립적으로 제어할 수 있으므로 일정 속도값에 따라서 최대토크를 발생하는 턴온/오프의 스위칭각이 결정되도록 하고 부하토크 즉 전류의 변화에 따라 전압

의 크기가 결정될 수 있도록 하면 최대토크로 제어될 수 있다.

그림 5는 일정 부하에 대해서 속도, 전압, 스위칭각을 변화할 때 최대효율점들을 연결한 최대효율 곡선이다. 최대효율은 부하토크가 클수록 낮은 최대효율을 발생함을 알 수 있었다. 또한 일정한 효율을 나타내기 위해서는 여러 전압 범위를 가지는 것을 볼 때 효율은 전압에 크게 의존 되지 않음을 알 수 있었다.

표 1 실험용 전동기 정수
Table 1 Parameter of SRM

| | | | |
|-------|---------|---------|------------|
| 고정자극수 | 8 [개] | 고정자 극호각 | 14 [deg] |
| 회전자극수 | 6 [개] | 회전자 극호각 | 15 [deg] |
| 전 압 | 180 [V] | 최대인덕턴스 | 25 [mH] |
| 전 류 | 5 [A] | 최소인덕턴스 | 4 [mH] |
| 출 력 | 1 [HP] | 정 격 속도 | 3500 [rpm] |

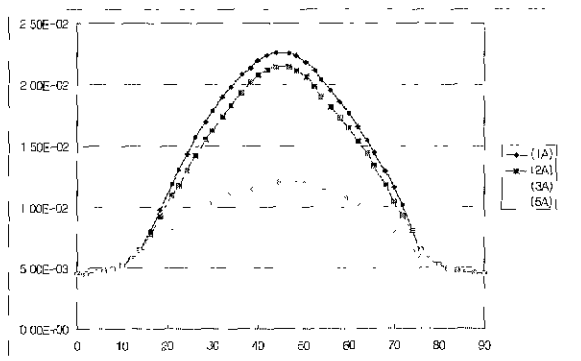


그림 2 FEM으로 구한 8/6 SRM의 인덕턴스 프로파일
Fig 2 Inductance profile calculated by FEM of 8/6 SRM

그러나 스위칭각의 변화에 대해서 효율값이 변하는 것을 볼 때 효율은 스위칭각에 크게 의존됨을 알 수 있었다. 최대토크를 발생시키는 턴온/오프각과 비교했을 때 부토크가 거의 발생되지 않는 포인트들이다.

그림 6은 최대효율곡선과 동일조건에서 최소토크 리플에 대해서 시뮬레이션한 결과이다

토크 맥동은 평균치에 비해서 나타나는 peak-peak치이다. 시뮬레이션 결과 최소토크맥동은 부하가 클수록 크다는 것을 알 수 있다. 넓은 전압 범위 대해서 다양한 효율이 존재하는 것으로 보아서 최소토크리플

은 전압에는 크게 의존 되지 않는 것을 알 수 있었다. 그러나 스위칭각을 가변할 경우 최소토크리플이 크게 변하는 것으로 볼 때 최소토크 리플은 스위칭각에 크게 의존됨을 알 수 있었다.

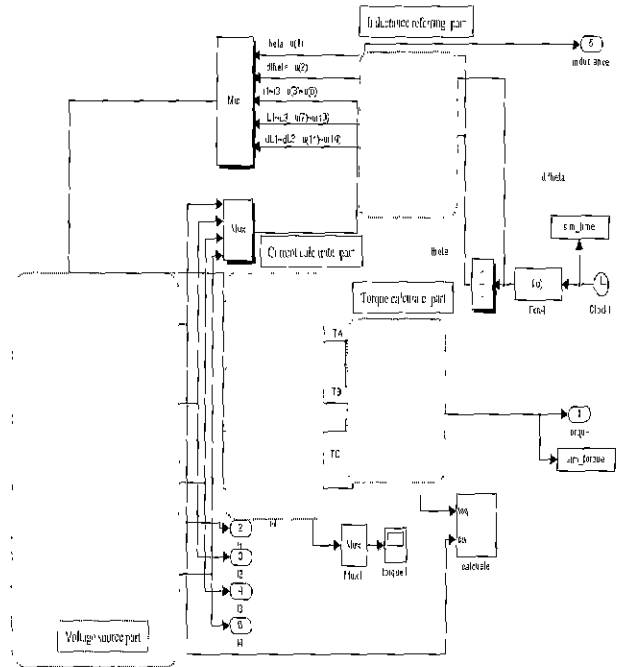


그림 3 8/6 SRM의 시뮬링크 모델
Fig 3 SIMULINK model of 8/6 SRM

4. 실험장치의 구성 및 실험결과의 검토

4.1 시스템의 구성

최대토크/효율 및 최소토크맥동에 대한 최적의 스위칭각과 전압제어를 수행하기 위해 시뮬레이션을 통해 얻은 SRM 운전특성을 실험하기 위해 그림 7과 같이 하드웨어를 구성하였다. 부하토크를 계산하기 위해서 SRM 입력전류를 검출하였다. 절대위치형 엔코더로부터 위치 신호를 받아서 속도를 계산하였다. 그림 4~6의 데이터가 저장되어 있는 ROM의 주소를 참조하도록 하였으며, 절대위치 엔코더의 LSB를 이용하여 ROM 데이터 출력을 설명한 것이다. 그림 8(a)는 최대토크 운전시 앞서 말한바와 같이 속도가 스위칭각에 의존되고, 토크는 전압에 의존되므로 명령 속도에 해당되는 턴온/오프각과 부하토크에 적합한 전압을 찾는다. 즉, 명령속도에 해당되는 턴온각에서 셋되고 턴오프각에서 리셋되는 펄스 구형파와 부하토크에 적합한

전압 크기의 듀티비를 갖는 PWM펄스열이 구형파와 AND되어 비대칭컨버터의 해당 상에 MOSFET를 게이팅 시킨다. 그림 8(b)는 최대효율 운전시 게이팅 신호 출력방법을 설명한 것이다. 최대효율 운전제어로 선택되는 경우 부하토크에 해당되는 전압의 듀티비는 유일하게 선택되는 반면에 최대효율의 턴온/오프각의 조합은 여러개이지만 이중 속도명령에 해당되는 하나의 턴온/오프각이 선택될 수 있다. 그림 8(c)는 최소맥동토크 운전시 게이팅 신호 출력 방법을 설명한 것이다. 속도와 부하토크로부터 최적 전압과 스위칭각이 결정되어 질 수 있다.

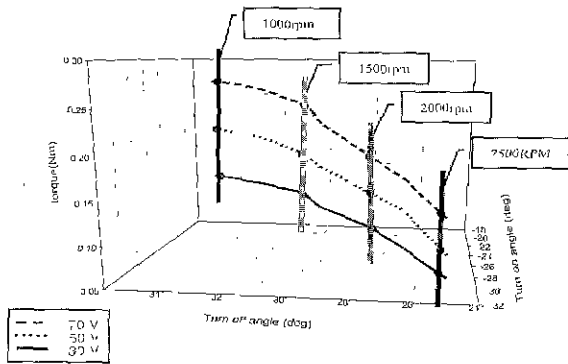


그림 4 최대토크 곡선
Fig. 4 Maximum torque curve

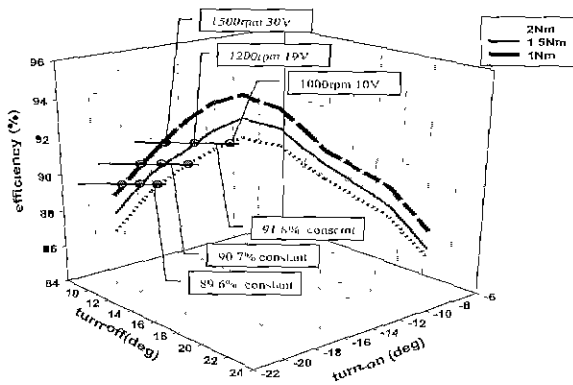


그림 5 최대효율곡선
Fig 5 Maximum efficiency curve

일정한 전압에서 토크리플이 가장 작은 지점은 거의 일직선을 이루며 이중 원하는 속도를 내는 점을 찾을 수 있다. 또한 그 점들 중 현재 모터의 부하에 해당하는 한 점을 스위칭각과 전압을 선택할 수 있다. 이 선택된 점들로 운전하는 방식이 최소토크리플 운전이다.

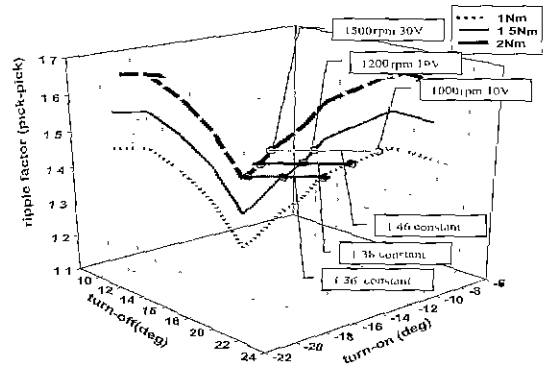


그림 6 최소토크리플 곡선
Fig 6 Minimum torque ripple curve

4.2 실험 결과 및 검토

그림 9는 최대토크 운전시 전압, 전류와 토크에 대한 시뮬레이션과 실험 결과이다. 그림 9(a)는 최대토크 운전제어의 경우 속도 1500rpm, 전압 20V으로 시뮬레이션했을 때 결과이다. 최대토크는 선행각을 인가함으로써 인덕턴스가 작은 구간에서 충분히 높은 전류를 형성하고 높이 형성된 전류에 인덕턴스 변화율이 시작되는 부분부터 큰 토크가 발생되게 한다.^[5] 그림 9(b)에서 알 수 있듯이 동일조건에서의 실험 결과와 시뮬레이션 결과가 매우 유사함을 알 수 있다.

그림 9(c)는 시뮬레이션된 최적각이 아닌 각에서 운전하였을 경우로 전류 지연이 크게 되고 이 지연된 전류는 부토크로 작용될 것이다. 이부토크는 전체발생토크의 평균치를 감소시킨다. 이와 같은 경우 최적으로 운전된 그림 9(b) 보다 약 100rpm 정도 낮아짐을 알 수 있었다.

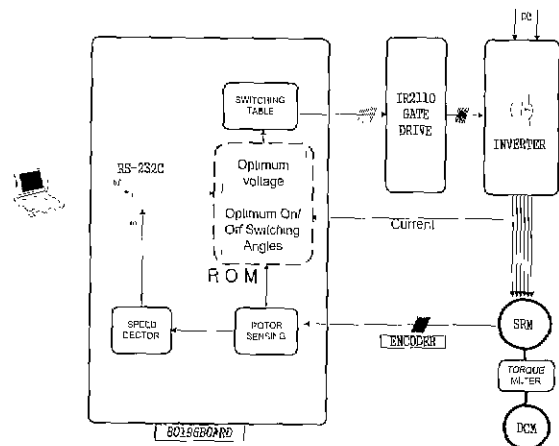
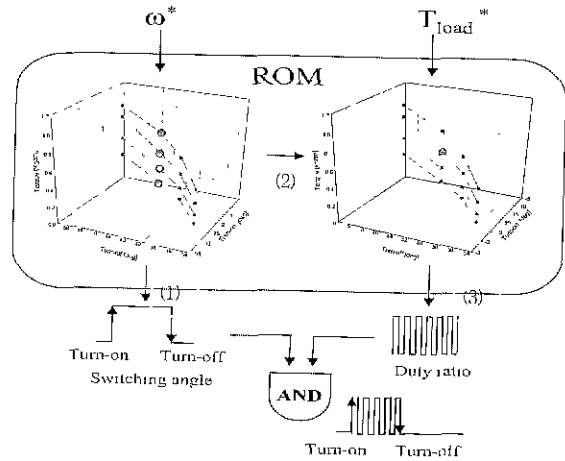
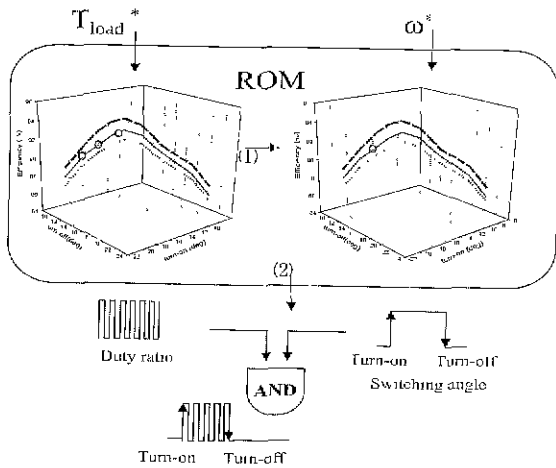


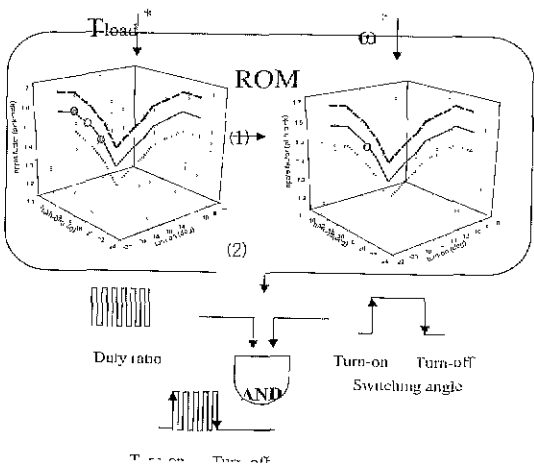
그림 7 전체 시스템 구성
Fig. 7 Configuration of experimental system



(a) 최대토크 선정



(b) 최대효율 선정



(c) 최소토크리플 선정

그림 8 적정 스위칭각 및 전압의 선정

Fig. 8 Optimal switching angle and voltage finding

그림 10은 최대효율에 관한 실험결과이다. 그림 10(a)는 최대토크와 같은 조건에서 시뮬레이션된 최대 효율에 관한 시뮬레이션 결과이다. 최대효율은 전류가 거의 부토크 영역까지 가지 않은 상태에서 나타나는 것으로 알려져 있다.^[6] 그림 10(b)는 동일조건에서 실험한 결과로 시뮬레이션과 매우 유사함을 알 수 있었다. 그림 10(c)는 시뮬레이션된 결과와 다른 각에서 운전하였을 경우의 그림이다. 그림에서 보듯이 전류지연이 부토크 영역까지 흘러가는 것을 볼 수가 있었다. 이는 효율저하를 가져오고 시뮬레이션된 각에서 고효율이 발생됨을 알 수 있다.

그림 11은 최소토크리플에 관한 실험결과이다. 그림 11(a)는 위의 두 실험과 동일조건에서 시뮬레이션된 전압, 전류 파형이다. 시뮬레이션결과에서도 볼 수 있듯이 전류의 Flat-top 형상은 전류의 크기에 제공에 비례하는 토크의 형상으로 나타내어질 수 있다. 따라서 전류가 Flat-top 형상을 가질 때 최소토크리플이 발생된다는 것은 잘 알려져 있다.^[7] 그림 11(b)는 동일 조건에서 실험한 결과로 시뮬레이션한 결과와 거의 동일함을 알 수 있다. 그림 11(c)는 시뮬레이션된 최적각이 아닌각에서 운전한 결과이다. 그림에서 전류의 Flat-top형상이 유지되고있지 않은 것을 볼 수 있다. 이는 시뮬레이션된 각에서 최소토크 리플이 발생됨을 말하는 것이다.

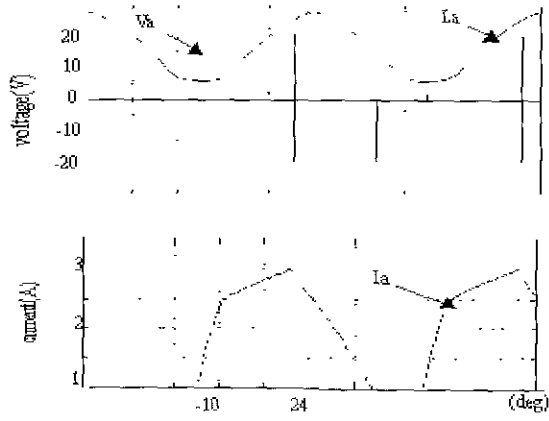
그림 12는 최대토크 운전제어방법으로 운전하는 속도에 따른 속도 응답파형을 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 실제 속도 응답이 속도명령값에 잘 추종함을 알 수 있다. 그리고 속도를 내기 위한 전압과 전류도 앞서 설명한 바와 같이 잘 출력됨을 알 수가 있다.

5. 결론

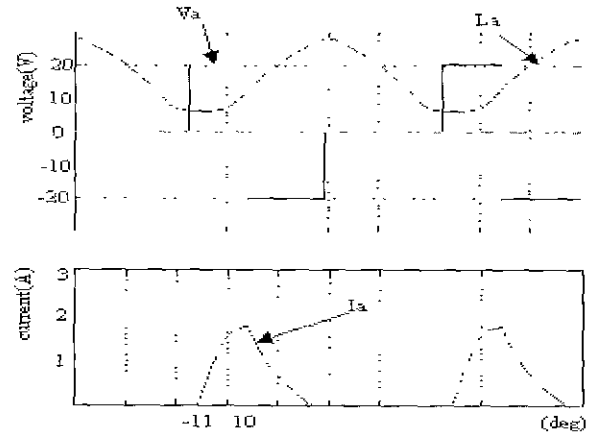
이 논문에서는 최대 토크/효율 및 최소 토크리플을 발생시키는 스위칭각과 전압을 도출하기 위해 SRM을 MATLAB SIMULINK[®] 으로 모델링하였다.

시뮬레이션된 최적의 스위칭각과 전압을 ROM데이터로 저장하여 마이크로 프로세서로 제어 출력되도록 시스템을 구성하여 실험을 통해 최대 토크/효율 및 최소토크 맥동의 운전이 가능함을 확인하였다.

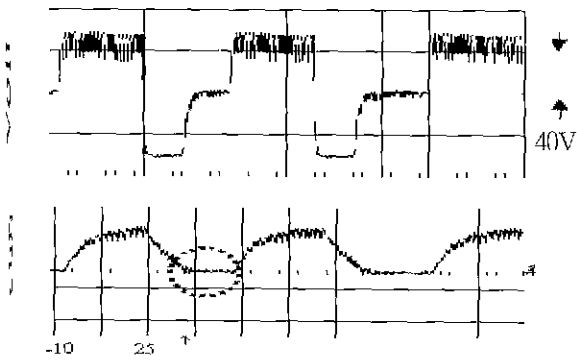
시뮬레이션 된 최대 토크 곡선으로부터 속도는 스위칭각에, 토크는 전압에 크게 좌우됨을 알 수 있었다. 또한 최대효율과 최소토크리플의 크기는 속도에 크게 좌우됨을 알 수가 있었다.



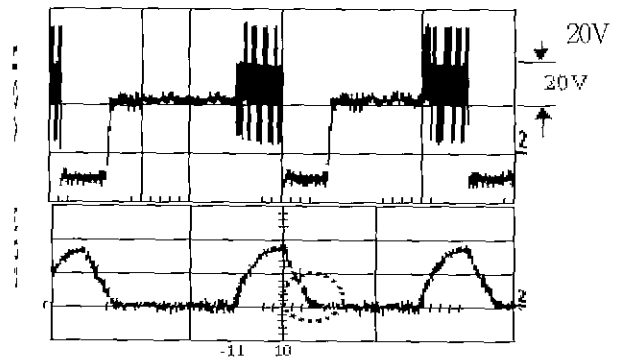
(a) 시뮬레이션 결과



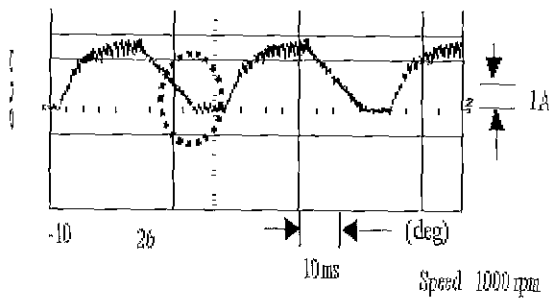
(a) 시뮬레이션 결과



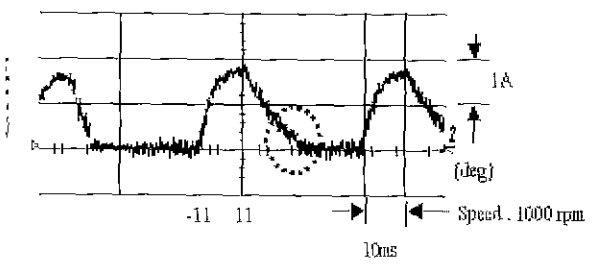
(b) 실험 결과



(b) 실험 결과



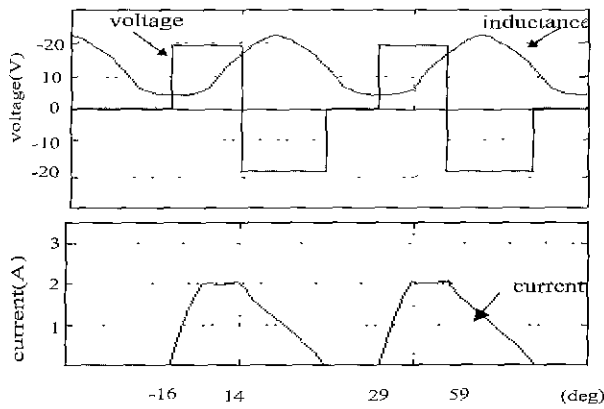
(c) 최적각이 아닌각에서 실험결과



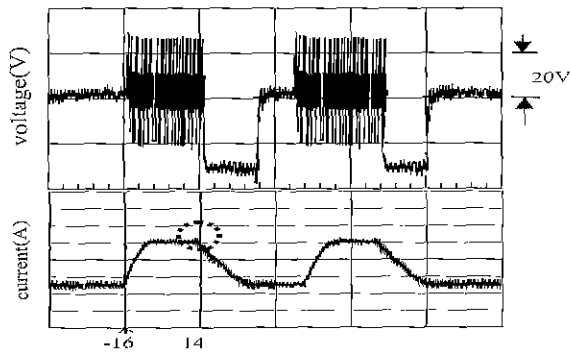
(c) 최적각이 아닌각에서 실험결과

그림 9 최대토크 시뮬레이션 결과 및 실험결과
Fig 9 Simulation and experiment results for maximum torque

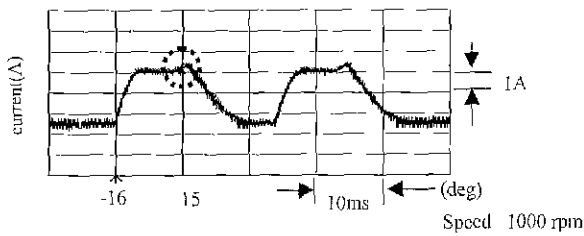
그림 10 최대효율 시뮬레이션 결과 및 실험결과
Fig 10 Simulation and experiment results for maximum efficiency



(a) 시뮬레이션 결과



(b) 실험 결과



(c) 최적각이 아닌각에서 실험결과

그림 11 최대효율 시뮬레이션 결과 및 실험결과
Fig. 11 Simulation and experiment results for minimum torque ripple

구해진 최대토크와 효율의 스위칭각과 전압은 SRM을 이용한 전기자동차의 가속구간과 등속구간에서의 속도/토크제어 운전방법으로 이용될 수 있다. 또한 최소백동토크곡선은 정밀제어 운전에도 이용할 수 있다.

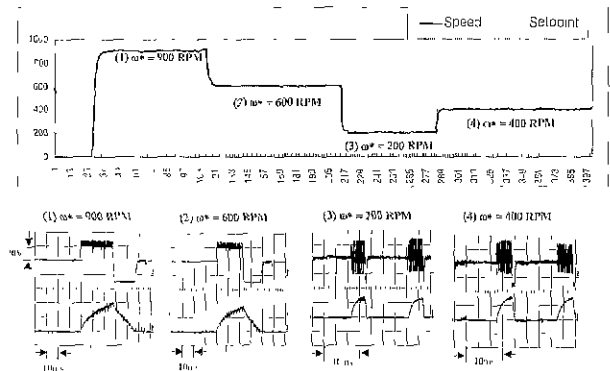


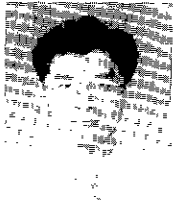
그림 12 최대토크 속도추종
Fig. 12 Speed traction with maximum torque

이 논문은 한국과학재단 지정 전남대학교 고품질 전기전자부품 및 시스템 연구센터의 연구비 지원에 의하여 연구되었습.

참고 문헌

- [1] TJE Miller "Switched reluctance motors and their control" Magna physics publishing 1993.
- [2] 장도현, 문진영 "SRM 컨버터에서 자기동조 방식에 의한 오프 각의 결정" 전력전자 학회논문지 vol. 3, no. 4, Dec. 1998, pp. 418-425.
- [3] G.S.Buja and M.I.Valla, "Control Characteristics of the SRM Drives-Part I: Operation in the Linear Region." IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 38, no. 5, Oct 1991, pp. 313-321.
- [4] G.S.Buja and M.I.Valla, "Control Characteristics of the SRM Drives-Part II: Operation in the Saturated Region." IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 41, no. 3, June, 1991, pp. 316-325
- [5] 황영문, 공관식, "SRM의 고효율구동을 위한 가변 스위칭각도 조정방식에 관한 연구" 전기학회 논문지 vol. 44, no. June, 1995 1. pp 25-33
- [6] M.Moallem, C.M.Ong and L.E.Unewehr. "Effect of Rotor Profiles on the Torque of a Switched-Reluctance Motor." IEEE Trans. on Industry Applications, vol. 28, no. 2, pp. 364-369, March/April 1992

자 자 소개



차현록(車賢錄)

1974년 4월 25일생. 1998년 전남대 공대 화학공학과 졸업(학사). 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사).



김현덕(金鉉稔)

1971년 3월 8일생. 1997년 전남대 공대 전기공학과 졸업(학사) 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사).



김광현(金坵憲)

1960년 12월 27일생. 1983년 전남대 계측제어공학과 졸업. 1986년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 전남대 공대 전기공학과 & RRC 부교수 당 학회 편집위원.



임영철(任永徹)

1953년 4월 23일생. 1975년 전남대 전기공학과 졸업. 1977년 고려대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1997년 호주 모나시대 Visiting Scholar 현재 전남대 공대 전기공학과 & RRC 교수. 당 학회 학술이사.



장도현(張都鉉)

1956년 8월 24일생. 1980 한양대 전기공학과 졸업. 1982년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사) 1989년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1993년~1994년 미국 Texas A&M univ. 객원교수. 현재 호서대 전기공학과 교수. 당 학회 편집

위원.