

단상 SRM의 역기전력 분석을 통한 센서리스 구동기법

宣漢杰[†], 申德植[‡], 梁燦烈^{***}, 任永徹^{***}

Sensorless Drive Method using Back EMF Analysis of Single Phase Switched Reluctance Motor

Han-Geol Sun, Duck-Shick Shin, Hyong-Yeol Yang and Young-Cheol Lim

요 약

본 논문은 단상 스위치드 릴럭턴스 모터의 역기전력 분석을 통해 회전자 위치를 추정하여 구동하는 센서리스 구동법을 제안한다. SRM은 회전자 위치에 따라 적정 고정자 권선을 여자시킴으로써 회전력을 발생하기 때문에 회전자 위치 정보가 필수적으로 요구된다. 회전자의 위치를 검출하기 위하여 다양한 회전자 위치센서를 사용하고 있으나 대부분의 위치 센서들은 모터의 부피와 구축비용을 증가시킬 뿐만 아니라 환경에 따라 구동시스템의 신뢰도를 저하시키는 경향이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제들을 해결하기 위해 역기전력을 이용한 방법을 제안한다. 회전자와 고정자가 겹쳐지는 순간(overlap point) 역기전력이 급격하게 변화하게 되는 지점을 검출하여 회전자의 위치를 추정할 수 있으며, 속도 계산을 통해 적절한 위치에서 스위치를 온, 오프하여 SRM을 구동하게 된다. 본 연구에서 제안한 방식을 시뮬레이션과 실험을 통해 그 타당성을 검증하였다.

ABSTRACT

This paper proposes a sensorless drive method that estimates the rotor position by analysing Back EMF of single-phase Switched Reluctance motor (SRM). The rotor position information is necessary required, because SRM's torque is generated by exciting a stator winding according to rotor position. In order to detect the position of the rotor, the various rotor position sensors have been used. However, most of the position sensors not only increase the construction cost and the volume of the motor but also decrease reliability of driving system with environment.

This paper proposed the method using the Back EMF to solve such problems. When a rotor and stator are overlapped, the Back EMF is sharply changed. By detecting this point, the rotor position can be estimated. Thus SRM is driven by turn on and turn off switches at the proper position through speed calculation. The validity of proposed method is verified through simulation and experiment.

Key Words : Single phase SRM, Rotor Position, Back EMF

1. 서 론

단상 스위치드 릴럭턴스 모터(Single Phase Switched Reluctance Motor : SPSRM)는 구조가 간단하고, 가격이 저렴하며, 기동토크가 높고 유도기에 비해 토크/관성비가 크며, 고속운전 및 넓은 범위의 가변속운전 등의 장점을 가지고 있는 모터로서 최근 전력

[†]교신저자 : 전남대 전기공학과 석사과정

E-mail : cuteboy80@paran.com

[‡]정회원, 전자부품연구원 광주지역본부 연구원

^{***}정회원, 호남대 전기공학과 전임강사

^{***}정회원, 전남대 전기공학과 교수

접수일자 : 2007. 9. 20

1차 심사 : 2007. 10. 22

2차 심사 : 2007. 11. 15

심사완료 : 2007. 12. 10

용 반도체 소자의 기술 개발이 급속히 이루어짐에 따라 그 실용적 가치가 한층 더 높아지고 있다^[1].

SRM은 회전자 위치에 따라 적정 고정자 권선을 여자시킴으로써 회전력을 발생하기 때문에 회전자 위치 정보가 필수적으로 요구된다.

회전자 위치를 검출하는 센서로는 주로 엔코더, 레졸버, 홀센서, 옵토 인터럽터 등이 일반적으로 사용된다.

하지만 이런 위치 센서들은 모터의 부피를 증가시키고 소형 모터의 응용에 대해 추가적인 비용을 요구할 뿐 아니라 EMI, 먼지, 고온이나 고압과 같은 열악한 환경에서 사용 시에는 전체 시스템의 신뢰도를 떨어뜨리게 된다^{[2]-[6]}. 이런 문제점을 해결할 수 있는 방법으로 고정자 돌극에 서치코일을 장착하여 회전자 위치를 추정하는 방법과 같은 회전자 위치 센서리스 구동법이 많이 연구되고 있다^{[7]-[8]}.

서치코일을 이용한 회전자 위치검출 방법 또한 서치코일을 고정자 돌극에 장착해야하는 불편함이 따르게 되고 제조공정이 추가되어 생산비용이 높아지게 된다.

본 논문에서는 모터에 추가적인 센서를 부착하지 않고, 간단한 브리지 회로를 이용하여 검출된 역기전력으로 회전자의 특정한 위치를 검출하고 구동하는 방법을 제안한다. 현재까지 역기전력을 이용한 회전자 위치 검출 방법은 주로 BLDC에 적용하여 많이 사용되어 왔으나 SRM에는 적용된 바가 없다.

실험에 앞서 전자기 해석 프로그램인 Maxwell 2DTM를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 회전자의 위치에 따른 역기전력의 유기전압 파형을 이용한 회전자 위치 검출의 가능성을 검토하고 실험을 통해서 제안한 방법을 증명하였다.

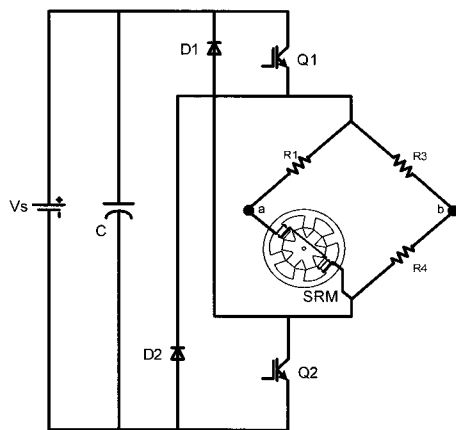


그림 1 단상 SRM 구동 회로
Fig. 1 Single Phase SRM Drive Circuit

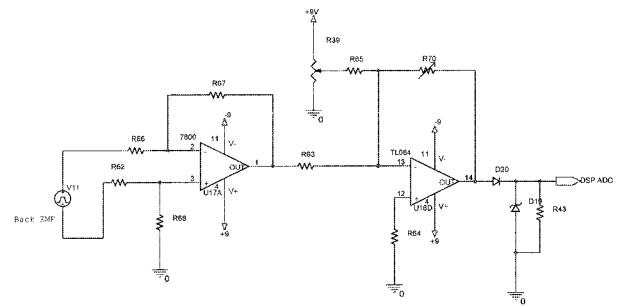


그림 2 역기전력 증폭 회로
Fig. 2 Back EMF amplifier circuit

2. 구동회로

본 논문에서는 단상 6/6 SRM의 구동회로로 정류다이오드와 스위칭 전력소자인 IGBT를 두 개씩 사용하여 경제적 구동이 가능하며 제어 성능이 우수한 비대칭 인버터가 사용되었다.

그림 1은 본 논문에서 사용된 단상 SRM의 구동회로도이며 회전자 위치에 따라 Q1, Q2가 동시에 On-Off 하는 하드 스위칭을 통해 구동된다. 스위치가 On되면 권선이 여자 되고, 고정자와 회전자가 정렬되기 전에 스위치를 Off하여 권선에 흐르던 전류가 다이오드를 통해 전원으로 환류 된다. 이때 인덕턴스가 감소하는 구간 이전에 전류가 소호되어 부토크가 발생하지 않도록 스위칭 하였다.

3. 역기전력 분석

3.1 역기전력 검출 방법

역기전력은 그림 1에서 보는바와 같이 모터의 권선과 저항으로 구성된 브리지 회로에서 검출된다. 브리지 회로는 권선저항과 외부 저항 R1, R3, R4로 구성되며, 저항값은 $R1:R3=권선저항:R4$ 가 되도록 한다. 이때 모터가 정지 상태에서 a와 b 두 지점의 전위차는 0이 되고 회전시에 역기전력이 발생하면 그만큼의 전위차가 두 지점에서 발생하게 된다. 여기서 브리지 저항에 의한 저항 손실을 적게하기 위하여 R3와 R4의 저항값을 충분히 크게 하여 이 저항을 통해 흐르는 전류를 최소화 하였다.

a와 b 두 지점에서 검출된 역기전력은 그림 2와 같은 증폭회로를 거쳐서 제어기로 입력된다. 이 회로에서 OP앰프를 통해 DSP의 AD 컨버터의 입력전압인 3V에 맞게 증폭도를 조절하여 회전자의 위치정보를

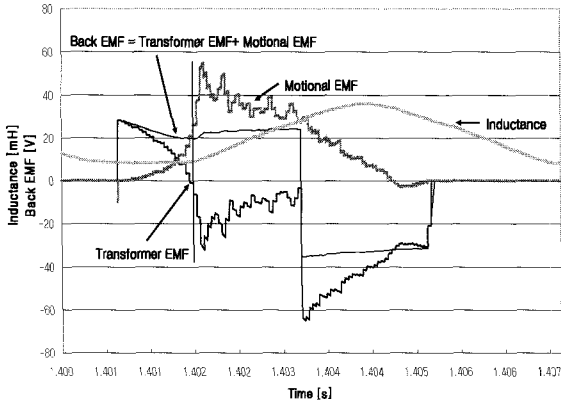


그림 3 역기전력 분석 파형
Fig. 3 Analysis waveform of the Back EMF

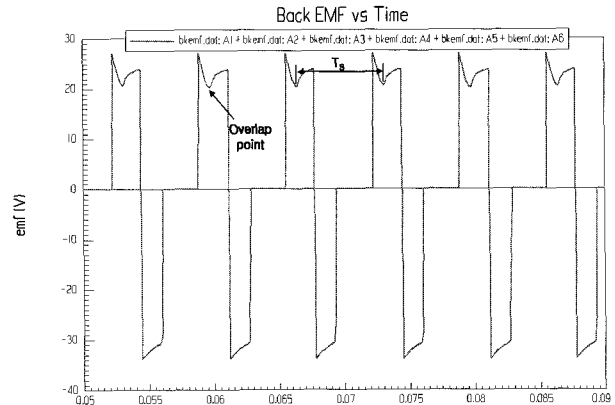


그림 4 역기전력의 시뮬레이션 파형
Fig. 4 Simulation waveform of Back EMF

포함하고 있는 역기전력의 양(+)의 부분만 AD 컨버터로 입력되게 한다.

3.2 역기전력 파형 분석

SRM의 자속은 회전자와 고정자와 만나기 시작하는 부분(overlap point)부터 증가하고, 회전자와 고정자가 완전히 정렬될 때 최대값이 되며 그 이후부터 감소되기 시작한다.

그림 3은 역기전력의 성분을 Maxwell 2DTM를 사용하여 분석한 시뮬레이션 파형이다. 그림에서 볼 수 있듯이 역기전력은 변압기 기전력(Transformer EMF)과 속도 기전력(Motional EMF)의 합으로 나타난다. 따라서 역기전력은 변압기의 원리와 발전기의 원리에 의해 유기됨을 알 수 있다.

상전류의 변화에 의한 시변 쇄교 자속은 변압기 기전력성분이고, 회전자의 회전에 의해 자기 인덕턴스 변화로 발생하는 시변 쇄교 자속은 속도 기전력성분이다.

회전자가 일정한 각속도 ω 로 회전하고, 철심의 자기적인 비선형을 무시한다고 가정하면 SRM의 역기전력은 식 (1)과 같이 표현 할 수 있다.

$$e = \frac{d\lambda}{dt} = L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dt} = L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{d\theta} \omega \quad (1)$$

- L : 인덕턴스
- i : 상권선의 전류
- ω : 회전속도

식(1)의 첫 번째 항(Transformer EMF)은 스위치가

On이 되면 전류가 급격히 흐르게 되어 전류 변화율이 큰 값으로 나타나게 된다. 그러나 overlap point를 지나면서 부터는 인덕턴스가 증가하기 때문에 전류가 감소하여 첫 번째 항이 감소를 하게 된다. 반대로 식(1)의 두 번째 항(Motional EMF)은 스위치가 온 되는 시점에서 인덕턴스는 회전자와 고정자가 비정렬 위치에 있어서 낮은 값을 가지고 overlap point 시점부터 인덕턴스가 상승하게 되어 변화율이 크게 나타나 두 번째 항이 증가하게 된다.

이 두 기전력이 서로 교차하는 부분이 overlap point 라는 것을 알 수 있고 이 부분을 검출함으로써 회전자의 위치를 추정할 수 있게 된다.

4. Overlap point 검출에 의한 스위치 온-오프 방법

그림 4는 시뮬레이션 했을 때의 역기전력 파형으로 매 주기(T_s)마다 역기전력이 급격하게 변하는 overlap point가 나타남을 알 수 있다. 따라서 이 부분을 검출하면 회전자의 위치를 추정할 수 있게 된다.

6극 단상 SRM의 경우 매 60° 마다 overlap point를 검출하게 된다. 따라서 overlap point를 6번 검출하면 1회전 했다는 것을 알 수 있다. 역기전력의 양(+)의 기전력이 나타나는 구간이 ON되는 구간을 나타내며, 이 구간에서만 회전자의 위치 정보를 담고 있다. T_s 는 이전 상에서의 overlap point와 현재 ON되고 있는 상의 overlap point의 시간 간격, 즉 주기를 나타낸 값이다. 6극 단상 SRM의 경우 위치적으로 60° 를 나타내고, 60° 를 T_s 로 나눈 값은 현재의 속도(N_r)를 가리킨다.

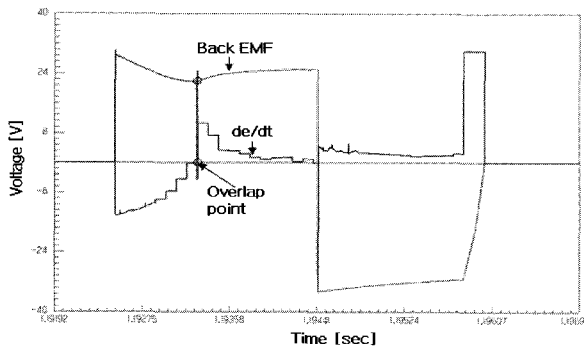


그림 5 역기전력과 미분파형
Fig. 5 Back EMF and differential waveform

따라서 속도는 다음 식에 의해 계산된다.

$$N_r = \frac{10}{INT_s \times T_i} [rpm] \quad (2)$$

INT_s : 60도 회전시 인터럽트 개수(샘플링 개수)
 T_i [sec]: 인터럽트(샘플링)주기

현재의 속도를 알고 overlap point를 검출 하면, 식 (3)에 의해서 overlap point 검출 이후 오프 시키고자 하는 각도 θ_{off} 에서 스위치 오프가 가능하다.

$$n_{off} = \frac{INT_s}{60^\circ} * \theta_{off} \quad (3)$$

n_{off} : θ_{off} 가 될 때까지의 인터럽트 개수

다음 상에서 적절한 어드밴스 θ_{adv} 를 주고 스위치를 온 시키기 위해서는 식 (4)와 같이 n_{on} 만큼의 인터럽트 후에 스위치를 온 시키면 된다.

$$n_{on} = \frac{(60^\circ - \theta_{adv})}{60^\circ} * INT_s \quad (4)$$

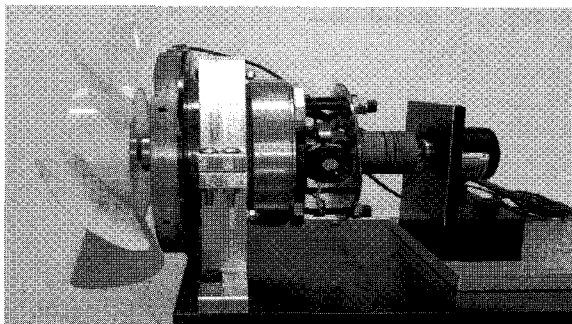


그림 6 실험에 사용된 단상 SRM
Fig. 6 Single phase SRM for experimentation

그림 5는 토크 발생구간 시작점을 검출하기 위한 방법으로 역기전력의 파형과 그것의 미분 파형이다. 미분 파형에서 알 수 있듯이 토크 발생구간 시작점을 미분 파형을 이용하면 쉽게 검출할 수 있다. 즉 $\frac{de}{dt}$ 값이 음에서 양으로 변화하는 부분(zero crossing)이 기계적으로 overlap point 지점이므로 이 점을 검출함으로써 회전자와 고정자가 겹치기 시작하는 부분을 검출할 수 있는 것이다.

제어기로 입력된 역기전력은 잡음을 제거하기 위해 이동평균(Moving average)을 취하는 방법으로 필터링 되고, 이 역기전력의 기울기가 음에서 양으로 변화하는 부분을 검출하도록 하였다.

5. 실험 및 결과 고찰

그림 6은 실험에서 사용된 단상 SRM으로서, 부하로 환풍기 팬을 설치하였고 정지용 전자석이 항상 구동이 가능한 위치에 정지할 수 있도록 배치되어 있다.

그림 7은 구동 시스템 블록도로서 역기전력을 제어기인 DSP의 AD 컨버터로 입력받아 미분을 함으로써 회전자와 고정자가 겹치는 부분인 overlap point를 검출하게 된다. 두 번의 overlap point를 검출하면 속도 계산이 가능하고, 속도에 따른 스위치 On-Off 시점을 계산하여 인버터의 스위치를 On-Off 하게 된다. 엔코더를 통해서 실제의 회전자 위치를 검출하고 역기전력을 이용하여 회전자 위치를 추정하고 비교함으로써 시스템의 정밀도를 검증하였다.

그림 8과 9는 기동 및 정상상태에서의 역기전력, 증폭된 역기전력, overlap point 검출 신호, 상전류에 대한 파형을 보여주고 있다. 엔코더로 구동했을 경우와 역기전력을 이용하여 구동했을 경우를 비교해보면 거

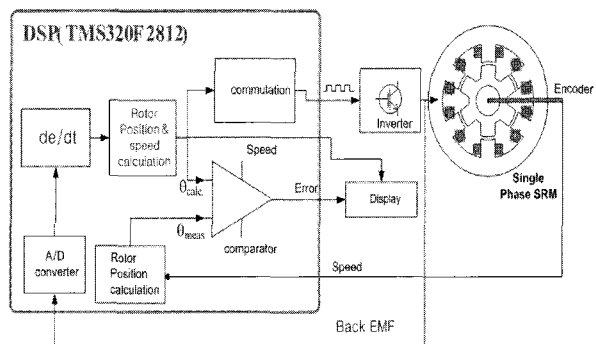


그림 7 SRM 구동 시스템 블록도
Fig. 7 System block of the experimental SRM drive

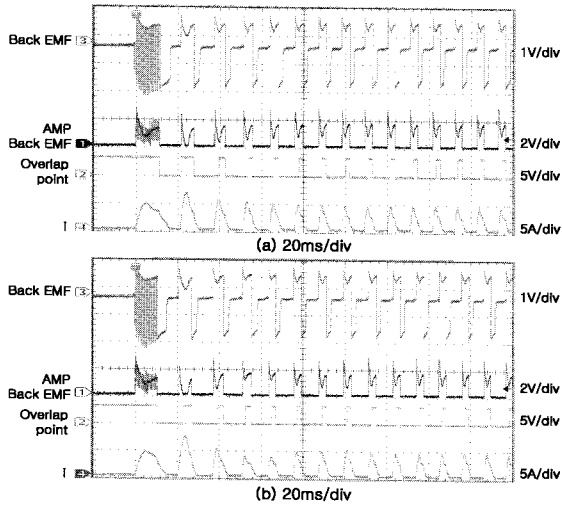


그림 8 기동상태 : 역기전력, 증폭된 역기전력 파형, Overlap point 검출 신호, 상전류 파형
 (a) 엔코더를 이용한 기동
 (b) 역기전력을 이용한 기동
 Fig. 8 Startup : Back EMF, Amplified Back EMF, Overlap point detection signal and winding current
 (a) using encoder
 (b) using Back EMF

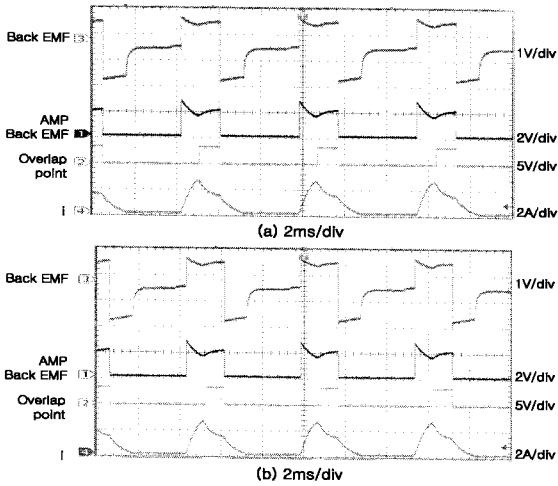


그림 9 정상상태 : 역기전력, 증폭된 역기전력 파형, Overlap point 검출신호, 상전류 파형
 (a) 엔코더를 이용한 구동
 (b) 역기전력을 이용한 구동
 Fig. 9 Steady state : Back EMF, Amplified Back EMF, Overlap point detection signal and winding current
 (a) Using encoder
 (b) Using Back EMF

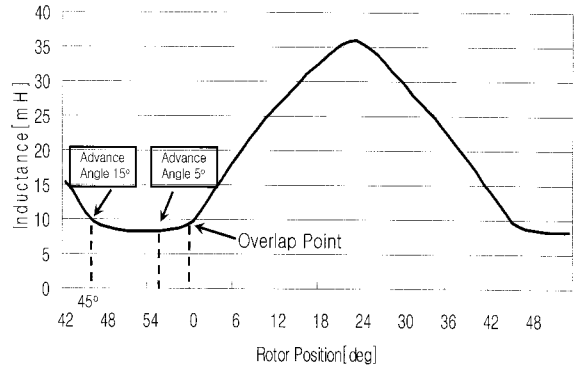


그림 10 인덕턴스 프로파일 과 어드밴스 각도
 Fig. 10 Inductance Profile and Advance angle

의 같은 파형을 나타내고 있음을 알 수 있고, 그림 8에서 볼 수 있는 바와 같이 기동 시에 첫 번째 역기전력파형은 기동 가능한 위치(고정자와 회전자가 3도정도 겹쳐있는 상태)에 있기 때문에 overlap point가 없는 형태로 발생하지만, 두 번째 파형부터는 overlap point를 검출 가능할 수 있을 정도로 나타나고 있음을 알 수 있다. 이 역기전력이 OP애플을 통해 증폭되면 overlap point가 더욱 명확하게 나타나고, DSP에서도

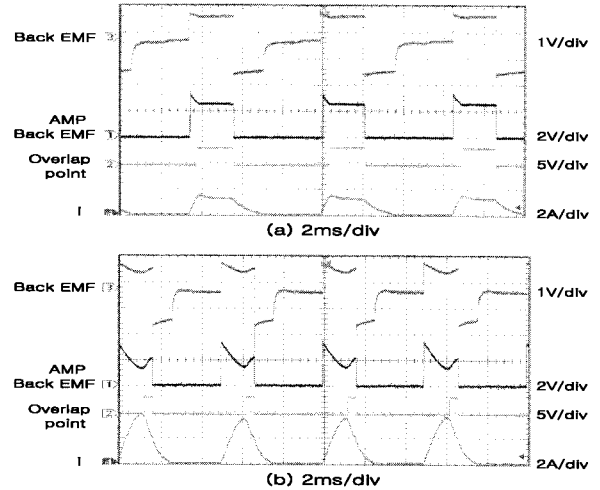


그림 11 어드밴스 각 : 역기전력, 증폭된 역기전력 파형, Overlap point 검출신호, 상전류 파형
 (a) 어드밴스 각 5°
 (b) 어드밴스 각 15°
 Fig. 11 Advance angle : Back EMF, Amplified Back EMF, Overlap point detection signal and winding current
 (a) Advance angle 5°
 (b) Advance angle 15°

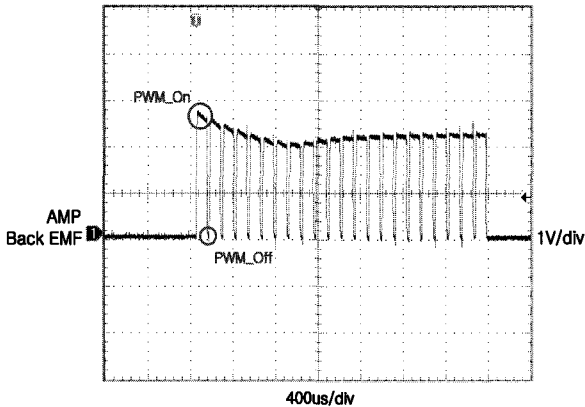


그림 12 증폭된 역기전력 파형(Duty 70%)
Fig. 12 Amplified Back EMF(Duty 70%)

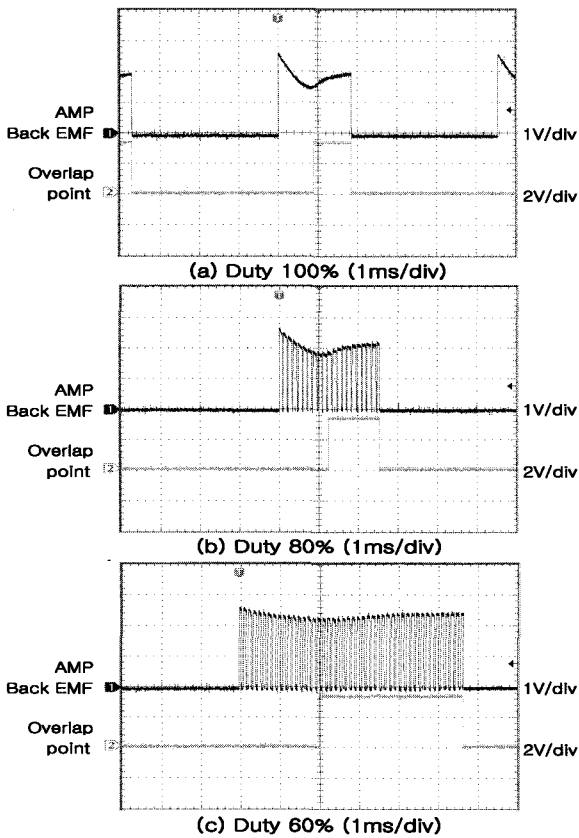


그림 13 증폭된 역기전력 파형, Overlap point 검출신호
(a) Duty 100%
(b) Duty 80%
(c) Duty 60%
Fig. 13 Amplified Back EMF, Overlap point detection signal
(a) Duty 100%
(b) Duty 80%
(c) Duty 60%

정확히 이 부분을 검출하여 기동이 되고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 실험 결과로 엔코더를 사용하지 않고 역기전력을 이용하여 기동하더라도 정상적으로 운전이 가능하다는 것을 보여준다.

그림 9에서는 정상상태에서의 구동결과를 볼 수 있다. 정상상태에서는 역기전력 변화가 비록 적기는 하지만 역시 정확하게 overlap point를 검출하고 구동하고 있음을 알 수 있다.

그림10은 본 논문에서 사용된 SRM의 인덕턴스 프로파일을 나타내고 있다. 여기에서 보는바와 같이 본 논문에서 제안된 방법은 5°부터 15°까지 어드밴스 각을 조절하여 모터의 속도를 제어할 수 있다. 그림 11은 어드밴스 각이 각각 5°와 15°일 때의 파형이다. 어드밴스 각을 줌으로써 속도를 가변 시킬 수가 있고 이 경우에도 정확하게 overlap point를 검출하여 구동하고 있음을 알 수 있다.

또한 속도제어의 영역을 넓히기 위해 PWM(Pulse Width Modulation)제어를 사용하였다.

이때 그림 12에서와 같이 PWM 스위칭 신호가 온일 경우 AD값을 저장하고 PWM 스위칭 신호가 오프 시일 때는 값을 저장하지 않음으로써 오차 없이 overlap point를 검출해 낼 수 있다.

그림 13은 듀티비 100%, 80%, 60%로 적용 했을 경우의 파형으로서 듀티비는 최소 60%까지 적용이 가능하며 PWM 제어를 통해 고속에서 저속으로의 속도 가변을 용이하게 변경할 수 있다. 그림 13에서 PWM의 듀티를 조절하였을 경우에도 overlap point를 정확하게 검출하여 구동되는 것을 확인할 수가 있다.

시뮬레이션은 Maxwell 2D™를 이용하여 실험에 사용한 모터와 동일한 사양으로 설계하고 부하는 0.05Nm로 설정하여 시뮬레이션 하였다.

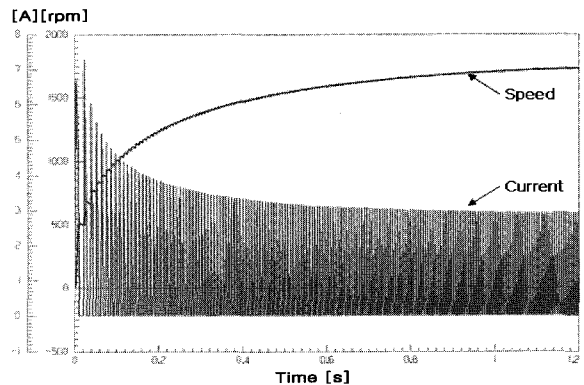


그림 14 속도와 전류의 시뮬레이션 파형
Fig. 14 Speed and current waveform of simulation

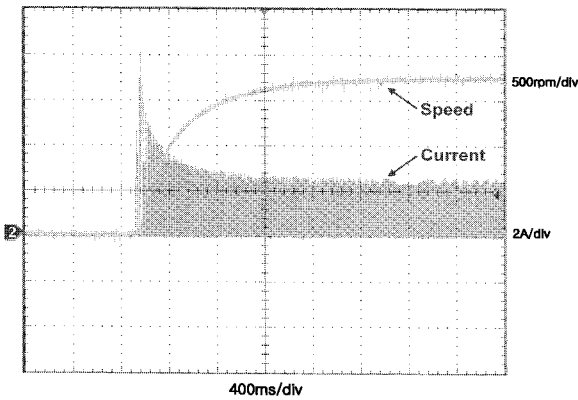


그림 15 속도와 전류의 실험 파형
Fig. 15 Speed and current waveform of experimentation

그림 14는 시뮬레이션 파형으로서 기동시의 속도와 전류 파형으로서 어드밴스 각도를 10° 로 지정했을때 정지 상태에서 1780rpm까지 증가하고 있는 속도 곡선을 볼 수 있고, 전류는 초기에 기동전류가 많이 흐르고 정상상태에 이르면 안정되어지는 것을 볼 수 있다.

그림 15는 어드밴스 각을 시뮬레이션 때와 같이 설정하고 실험을 통해서 기동시의 속도와 전류를 측정된 파형이다. 이때 속도 측정은 엔코더를 사용 하였고 전류는 전류 센서를 이용하여 검출 하였다. 시뮬레이션 결과와 같이 초기 기동이 원활히 되어서 정상상태까지

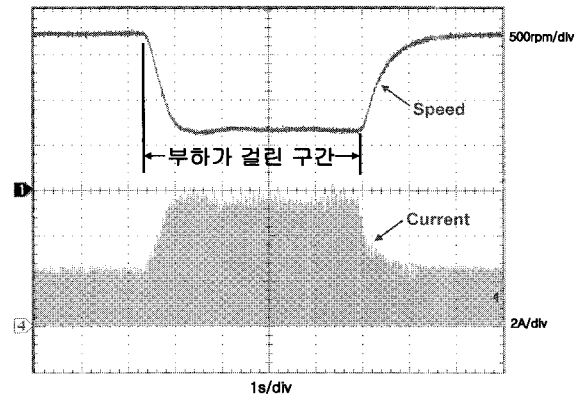


그림 17 부하변동에 의한 속도와 전류 파형
Fig. 17 Speed and current waveform during load change

속도가 증가하고 초기 기동 전류가 많이 흐르고 정상 상태에 이르러서 안정되어 지는 것을 확인 할 수가 있다.

그림 16에서는 어드밴스 각을 10° 로 설정하고 1780rpm으로 회전할 때 실제 회전자 위치와 제안된 방법에 의해 추정된 회전자 위치를 비교한 것으로서 두 결과가 거의 일치함을 알 수 있다.

역기전력으로 모터를 구동할 경우에 부하변동에도 매우 강한 특성을 가지고 있다는 것을 그림 17의 실험 파형으로 증명하였다. 이 실험 결과를 통해 부하의 변동에도 위치추정을 원활히 하여 부하가 제거 되었을 때 다시 정상상태로 구동이 됨을 보여줌으로써 제안된 방법이 부하에도 강인하다는 것을 입증하였다.

실험 및 시뮬레이션 결과에서 제안된 방법을 이용한 기동 및 구동이 가능함을 보여 주었고, 엔코더를 이용하여 구동하는 경우와 유사한 결과를 보여 줌으로써 본 논문에서 제안한 방법의 우수성을 증명하였다.

6. 결 론

본 논문에서는 단상 스위치드 릴럭턴스 모터의 역기전력 분석을 통해 회전자 위치를 추정하여 구동하는 센서리스 구동법을 제안하였다.

SRM의 구동시에 발생하는 역기전력은 회전자의 위치정보를 포함하고 있기 때문에 이 역기전력을 검출하여 회전자 위치를 추정할 수 있으며, 전자기해석 소프트웨어인 Maxwell 2DTM를 통하여 역기전력을 분석하고 역기전력이 회전자의 위치정보를 포함하고 있음을 확인하였다.

역기전력은 브리지회로를 통하여 간단하게 검출되며,

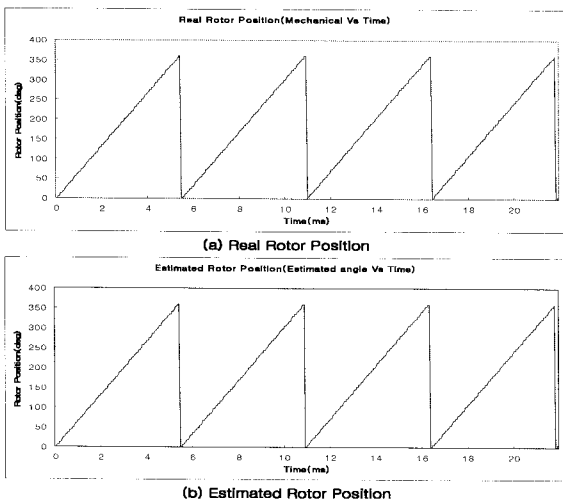


그림 16 회전자 위치
(a) 엔코더에 의한 회전자 위치
(b) 제안된 방법에 의한 회전자 위치

Fig. 16 Rotor Position
(a) Measured rotor position an encoder
(b) estimated rotor position

이것을 미분함으로써 회전자의 위치와 속도를 계산하고 정확한 시점에 커뮤테이션을 실시함으로써 모터를 구동하게 된다.

시뮬레이션과 실험을 통하여 제안된 방법과 엔코더를 이용하여 구동한 방법을 비교함으로써 그 타당성을 입증하였다.

이는 일반적으로 많이 쓰는 홀센서나 옵토 인터럽터에 비해 훨씬 저가의 시스템을 구성할 수 있으며, 센서를 부착하기 위한 기구부 변경등의 추가 공정이 따르지 않기 때문에 그로 인한 가격절감을 기대할 수 있고, 모터의 부피 또한 줄일 수 있다.

본 논문에서 제안한 방법은 진동, 고온, 고압 등으로 인해 기존의 위치 센서가 사용되기 어려운 특수한 환경에서 각광 받을 것으로 기대되며, 팬 모터와 같은 다이나믹 특성에 그다지 요구되지 않는 어플리케이션에 유용하게 사용될 것으로 사료된다.

또한 SRM의 소형화와 저가화를 실현함으로써 상품화에 크게 기여할 것으로 보인다.

이 연구에 참여한 연구자의 일부는 2단계 BK21 사업의 지원비를 받았음

참 고 문 헌

[1] 안진우, "스위치드 릴럭턴스 전동기", 오성미디어 2004.
 [2] K. M. Richardson, C. Pollock, and J. O. Flower, "Design and Performance of a Rotor Position Sensing System for a Switched Reluctance Machine Propulsion Unit", *Conf. Rec. IEEE Ind. Appl. Soc.*, pp. 168-173, 1996, Oct.
 [3] N. Abut, B. Cakir, N. Inanc, A. B. Yildiz, M. Z. Bilgin, "Switched reluctance motor drive by using fuzzy controller" *23rd International Conf. on Ind. Electr., Control and Instrumentation, IECON 97*. Vol. 1, 9-14, pp. 348-353, 1997, Nov.
 [4] A. Derdiyok, N. Inanc, V. Ozbulur, H. Pastaci and M. O. Bilgic, "Fuzzy logic based control of switched reluctance motor to reduce torque ripple", *IEEE International Electric Machines and Drives Conf. Rec.*, pp. TB1/9.1-TB1/9.3, 1997, May.
 [5] H.S. Ooi and T. C. Green, "Sensorless switched reflectance motor drive with torque ripple minimization", *31st Ann. Power Electr. Specialists Conf.*, Vol. 3, pp. 1538-1543, 2000, June.
 [6] B. Fahimi, G. Suresh and M. Ehsani, "Review of

sensorless control methods in switched reluctance motor drives", *Conf. Rec. of the 2000 IEEE Ind. Appl. Conf.*, Vol. 3, pp. 1850-1857, 2000, Oct.

[7] 양형열, 김종건, 임영철, "서치코일을 이용한 토로이달 스위치드 릴럭턴스 모터의 회전자 위치 검출", *전력전자학회 논문지*, 제7권, 제 6호, pp.537-545. 2002.
 [8] 신덕식, 양형열, 임영철, "서치코일을 이용한 단상 SRM의 구동", *전력전자학회 논문지*, 제10권, 제5호, pp.488-493. 2005.

저 자 소 개



선한걸(宣漢杰)

1980년 12월 27일생. 2006년 호남대 전기공학과 졸업. 현재 전남대 전기공학과 석사과정.



신덕식(申德植)

1979년 2월 26일생. 2004년 호남대 전기공학과 졸업. 2006년 전남대 전기공학과 대학원 졸업(석사). 현재 전자부품연구원 광주지역본부 연구원.



양형열(梁煥烈)

1969년 5월 27일생. 1993년 전남대 전기공학과 졸업. 1993년~1994년 현대자동차(주) 근무. 1998년 전남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 2005년 산업자원부 지정 전남대 고품질전자부품 및 시스템연구센터 연구원. 2005년~2006년 미국 버지니아 폴리테크닉 주립대 visiting scholar. 현재 호남대 전기공학과 전임강사.



임영철(任永徹)

1953년 4월 23일생. 1975년 전남대 전기공학과 졸업. 1977년 고려대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1997년 호주 모나시 대학 Visiting Scholar. 현재 전남대 전기공학 교수. 전남대 산학연구 처장. 당 학회 평의원.