

# 서치 코일을 이용한 토로이달 스위치드 릴럭턴스 모터의 회전자 위치 검출

梁熒烈\*, 金鐘建, 任永徹

## Rotor Position Detection of Toroidal Switched Reluctance Motor Using Search Coils

Hyong-Yeol Yang, Jong-Gun Kim, and Young-Cheol Lim

### 요 약

본 논문에서는 스위치드 릴럭턴스 모터의 새로운 회전자 위치 검출법을 제안한다. 기존의 위치센서의 약점을 보완하기 위해 위치 검출 방법의 저 비용과 강인성에 관심을 갖고, 시변 쇠교자속에 의해 토로이달 SRM의 내부에 장착된 서치 코일에 유기되는 전압 파형을 이용하여 위치 검출을 시도하였다. 서치 코일에서 유기되는 전압 파형이 회전자의 위치정보를 포함하고 있으므로, 이를 이용해 회전자의 특정위치를 검출하고 적절한 상을 여자시킴으로써 SRM을 구동할 수 있게 된다. 실험을 통하여 서치코일만을 이용하여 토로이달 SRM을 구동시킨 결과와 엔코더를 사용하여 구동시킨 결과와 비교함으로써 본 논문에서 제시한 방법의 타당성을 검증하였다.

### ABSTRACT

This paper presents a new method of detecting rotor position in Toroidal Switched Reluctance Motor(TSRM). In this paper, low cost and robust characteristics of rotor position detection method are focused in order to compensate for disadvantage of existing sensors. Search coils wound around stator poles are used for detection of rotor position in TSRM. Rotor position detection is achieved through electromotive force patterns induced by time-varying flux linkage in the search coils and then adequate phase is excited for drive. The validity of the method is verified by experimental results.

**Key Words** : Toroidal SRM, Full-bridge inverter, Search coil, EMF

### 1. 서 론

SRM은 이중 돌극 구조이며 릴럭턴스 토크를 이용하는 모터로 고효율, 저비용, 시스템 제어성이 강하

여 이에 대한 많은 연구가 활발히 진행중에 있다. 일반적으로 SRM의 제어를 수행하기 위해서는 레졸버, 엔코더 혹은 Hall 센서와 같은 회전자 위치 센서가 필요하며 잘 알려진 바와 같이 회전자 위치 센서는 비용을 증가시키며, 충격에 약하며, 압축기 등과 같은 고온 및 고압의 환경에서 신뢰성을 저하시킨다<sup>[1]</sup>.

최근의 SRM관련 연구들은 센서리스 제어에 관심이 모아지고 있으며, 연구 방향 또한 하나의 큰 흐름을 보이고 있다. SRM이라는 모터의 장점 중 하나는 전동 기구가 간단하다는 것이고 그것으로 인한 낮은 제작비

\*전남대학교 전기공학과 박사과정

E-mail : sfish@chonnam.ac.kr

접수일자 : 2002. 7.25

1차심사요청일 : 2002. 7.30 2차심사요청일 : 2002. 9. 6

심사완료일 : 2002.10. 7

와 재료비 등은 모터제작에 많은 경제적인 장점을 가져다준다. 따라서 고가의 위치 센서의 사용은 이런 경제적인 장점에 대치되는 문제이며, 위에서 언급한 사용환경의 문제점들은 센서리스 연구를 활발히 촉진시키고 있다<sup>[6]</sup>. 그러나 간단한 구조에 비해서 회전자 위치에 따른 상 인덕턴스의 변화가 정현파가 아니라는 점과 전류 대 토크 발생비가 전류와 회전자의 함수로서 폭넓은 범위에 걸쳐 변한다는 점 등등의 비선형적 특성 때문에 SRM의 센서리스 연구에 어려움을 주고 있다<sup>[7]</sup>. 본 연구는 완전한 센서리스 제어로 가는 과정 중 하나이며, 기존의 위치 센서들의 고속 회전의 제약, 고온고압의 환경에서 신뢰성 저하, 고장시 별도의 보수 필요, 충격에 약함, 센서 부착시 모터 부피 증가, 비용의 증가라는 문제점을 해결 할 수 있는 방법으로 서치 코일을 내장한 SRM을 제안하였다. 낮은 제작비 및 보수를 등의 경제적인 가치와 사용 환경이나 회전 속도 제한의 영향을 받지 않는 효율적인 가치를 가지며 위치 센서의 기능과 역할을 수행하는 특징을 갖는 서치 코일을 이용해 토로이달 SRM(TSRM: Toroidal Switched Reluctance Motor)의 회전자 위치 검출법을 제안하고자 한다.

## 2. 토로이달 SRM

토로이달 SRM이 일반 SRM과 다른 점은 구조적으로 상권선이 어느 부분에 감겨있느냐의 차이이다. 토로이달 SRM은 상권선이 고정자의 요크에 감겨있으며, 일반 SRM은 고정자의 돌극에 감겨있다. 따라서 토로이달 SRM은 구조적으로 두 개상이 여자 되어야 구동이 가능하며, 릴럭턴스 토오크를 만들어 낸다.

그림 1은 토로이달 SRM(이하 TSRM이라 함)의 단면도를 보여주고 있으며, 그림 2는 일반 SRM의 단면도를 보여주고 있다. TSRM은 전절권(Fully-pitch)형 SRM의 단일방향의 2상 여자방식과 구동특성은 비슷

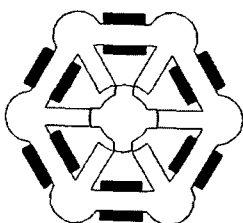


그림 1 토로이달 SRM  
Fig. 1 Toroidal SRM

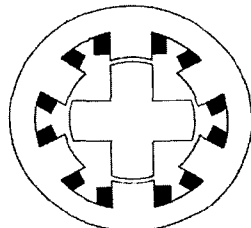


그림 2 일반 SRM  
Fig. 2 Conventional SRM

하나 상권선의 감기는 곳이 다르다. TSRM은 일반 SRM의 컨버터 토폴로지에 사용되는 비대칭형 컨버터 뿐만 아니라 유도모터에 사용되는 범용 풀 브릿지형 인버터의 적용이 가능하다.

일반 6/4 SRM의 경우 한 상의 여자구간은 30°이나 그림 3에서 보듯이 TSRM의 경우는 한 상당 여자구간이 60°이며 두 개상이 30°씩 겹쳐서 여자된다. 따라서 각 상의 여자구간은 일반 SRM의 두 배가 된다.

TSRM을 구동하기 위해서 일반적인 비대칭형 컨버터를 사용한 사례도 있으나<sup>[10]</sup> 본 논문에서는 범용적으로 사용되고 있는 풀 브릿지 형태의 인버터를 사용하였다.

그림 4는 풀 브릿지 인버터와 TSRM의 연결도를 보여주고 있다. 또한 풀 브릿지 인버터와 연결하는 경우, 3상 TSRM은 델타결선이 되며 각 상에 전류를 단방향으로 흐르게 하기 위한 다이오드가 부착되어진다.



그림 3 3상 TSRM의 스위칭 타임차트  
Fig. 3 Gating sequence of the 3 phase toroidal switched reluctance motor

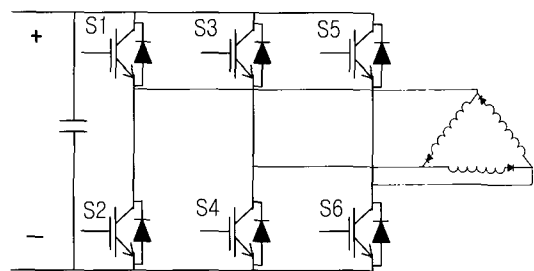


그림 4 풀 브릿지 인버터와 TSRM  
Fig. 4 Full-bridge inverter and TSRM

## 3. TSRM과 서치 코일

그림 5는 본 논문에서 사용된 6/4 TSRM과 서치 코일을 나타내었다. 이 TSRM은 고정자의 요크 부분에 권선이 감긴 형태로 3상중 2개상이 동시에 여자되는 구간에서 릴럭턴스 토오크가 발생한다. TSRM은 여자 특성, 자속의 흐름을 고려하면, 일반 SRM의 돌극에 감겨있는 권선이 인접한 두 개의 요크에 나누어져 감겨있는 형상과 같다. 따라서 일반 SRM에서 임의의 돌

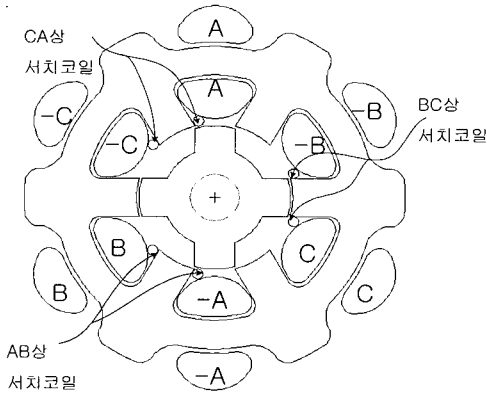


그림 5 Toroidal SRM과 서치 코일  
Fig. 5 TSRM and Search coils

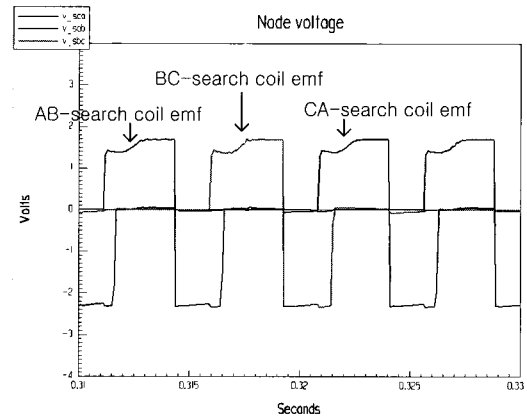


그림 6 서치 코일의 시뮬레이션 파형  
Fig. 6 Simulation waveform of search coils

극에 감겨있는 권선의 여자는 TSRM의 관점에서 보면 입의 돌극 근처의 두 개의 요크에 감겨있는 권선들을 여자 시킴을 의미한다.

회전자의 위치를 검출하기 위한 서치 코일은 각각의 고정자 돌극에 지름이 0.15[mm]인 코일을 20turns씩 감았다. A상과 B상 사이의 서치 코일을 AB상 서치 코일이라 명명하였으며, B상과 C상 사이의 서치 코일을 BC상 서치 코일이라 하였으며, 나머지는 CA상 서치 코일이라 명명하였다.

#### 4. 서치 코일의 파형 분석

서치 코일에 유기되는 전압 파형은 패러데이 법칙에 따라 상권선의 전류에 의한 시변 쇄교자속과 회전자의 회전 운동으로 인한 상호 인덕턴스의 변화에 의해 생기는 시변 쇄교자속의 합이 2차측 코일(서치 코일)에 나타나는 전압 파형이다. 서치 코일의 전압 파형으로부터 위치 정보의 포함 유무를 알기 위하여 시뮬레이션을 실행한 결과의 파형은 그림 6과 같으며, 파형을 분석한 결과 고정자 돌극과 회전자 돌극이 겹치기 시작하는 지점, 즉 토크 발생 시작점의 위치에 대한 정보를 담고 있음을 확인 할 수 있었다.

서치 코일의 유기 전압 파형 즉 기전력은 다음과 같이 식 (1), (2), (3)으로 표현된다.

$$e = - \frac{d \lambda_s}{dt} \tag{1}$$

$$= - \left( M \frac{d i_p}{dt} + i_p \frac{dM}{dt} \right) \tag{2}$$

$$= - \left( M \frac{d i_p}{dt} + i_p \omega \frac{dM}{d\theta} \right) \tag{3}$$

$\lambda_s$ 는 서치 코일의 쇄교자속을 나타내며,  $i_p$ 는 상권선의 전류의 합이고,  $M$ 은 상권선의 자기 인덕턴스와 서치 코일의 자기 인덕턴스에 의한 상호인덕턴스이다. 서치 코일에 유기되는 전압은 시변 자계에서 이동회로에 대한 패러데이 법칙의 일반형과 매우 유사하다고 볼 수 있다. 식 (2)에서 상전류의 변화에 의한 시변 쇄교자속은 변압기 기전력(transformer emf) 성분이고, 회전자의 회전에 의해 상호 인덕턴스 변화로 발생하는 시변 쇄교자속은 속도 기전력(motional emf) 성분이다. 서치 코일의 기전력은 그림 7에서처럼 변압기 기전력과 속도 기전력의 합으로 나타난다. 따라서 서치코일의 기전력은 변압기의 원리와 발전기의 원리에 의해 유기됨을 알 수 있다.

그림 7은 TSRM을 엔코더를 이용하여 구동하는 경우 서치 코일의 기전력의 성분을 분석한 시뮬레이션 파형이다. 서치 코일의 기전력 성분에서 속도 기전력 성분은 상호 인덕턴스의 변화에 의해서 생긴다. 이러한 상호 인덕턴스는 상권선의 자기 인덕턴스와 서치 코일의 자기 인덕턴스에 의해 형성되며, 상호 인덕턴스는 상권선의 자기 인덕턴스와 종속적 관계를 가진다. 그러므로 상호 인덕턴스 프로파일은 상권선의 자기 인덕턴스프로파일이 회전자의 위치정보를 포함한 것과 같이 회전자의 위치 정보를 포함한다. 이것은 서치 코일의 기전력 성분에서 속도 기전력 성분으로 나타나며, 속도 기전력 성분이 일정하게 유지되기 시작되는 부분은 토크 발생 시작점이다.

그림 8은 A상 권선과 B상 권선 그리고 AB상 서치 코일을 나타내며 3상 TSRM을 엔코더를 이용하여 A상과 B상을 여자 시키는 경우, 그림 9는 A상 전류 파형과 B상 전류 파형 그리고 AB상 서치 코일의 기전

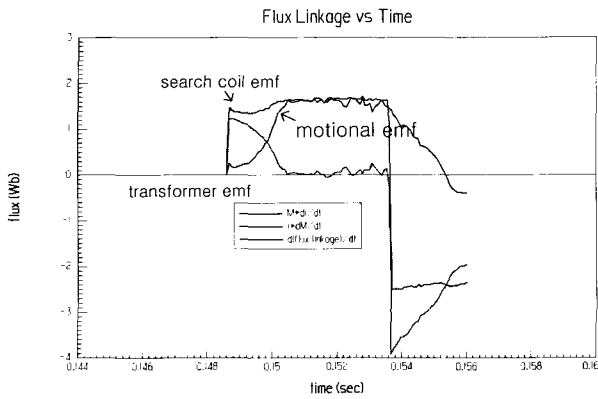


그림 7 서치 코일 파형의 성분 분석  
Fig. 7 Analysis of waveform of a search coil

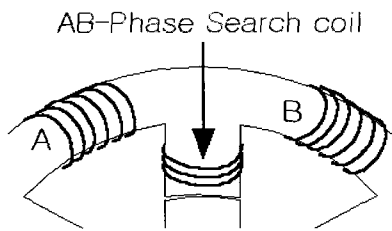


그림 8 AB-서치 코일  
Fig. 8 AB-search coil

력 파형을 나타낸다. A상과 B상이 동시에 여자되고 있는 구간에서 서치 코일은 정(+)의 기전력이 발생되며, 그 파형의 형태는 그림 7의 시뮬레이션 파형과 같음을 알 수 있다.

또한 서치 코일의 파형과 수직의 실선, 점선이 만나는 점들은 토오크 발생 시작점이다. 검출된 서치 코일의 파형은 A/D 입력을 위하여 2.5V의 OFFSET이 주어진 파형이며, 해당 상의 ON구간에서 정(+)의 전압이 발생하고 OFF와 동시에 역전압이 걸리어 부(-)의 전압이 발생하며 잠시 후 다시 유기전압이 소멸되는 것을 알 수 있다.

TSRM은 그 특성상 두 상이 여자될 때 30°늦게 여자되는 상에 의해서 자속의 경로가 결정되기 때문에 서치 코일의 기전력 파형에서 토오크 발생 시작점은 동시에 ON되는 상중에서 여자되기 시작한 상의 전류 파형과 밀접한 관계를 갖고 있다. 그림 10, 11, 12는 각각 선행각도를 다르게 하였을 때 실제 여자되기 시작한 상의 상전류 파형과 서치 코일의 기전력 파형을 분석한 것으로 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

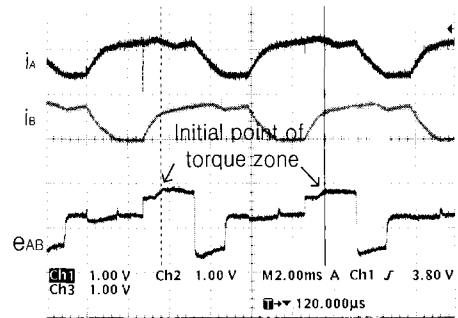


그림 9 A상, B상 전류와 AB 서치 코일  
Fig. 9 Currents of A and B-phase and AB-search coil emf

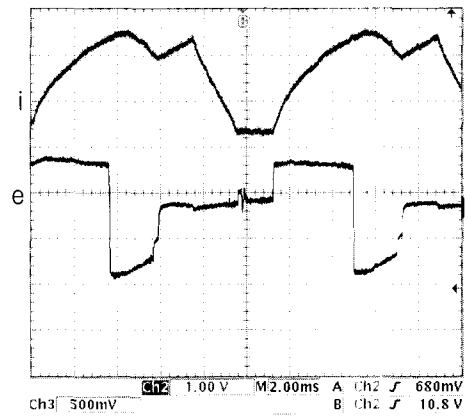


그림 10 선행각도 0°에서 상전류(상)와 서치 코일 기전력(하)  
Fig. 10 Phase current and search coil emf at the Advance angle 0°

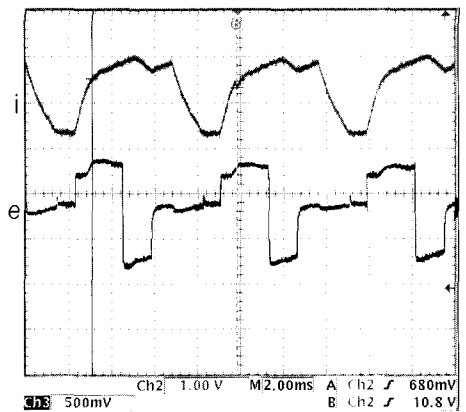


그림 11 선행각도 10°에서 상전류(상)와 서치코일 기전력(하)  
Fig. 11 Phase current and search coil emf at the Advance angle 10°

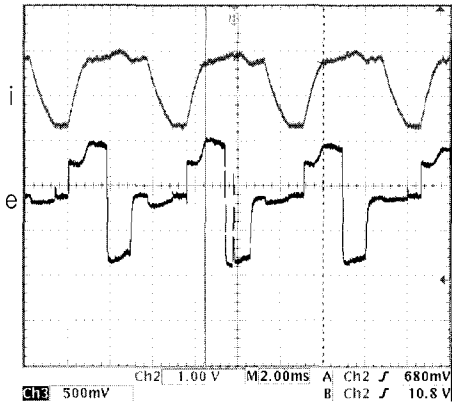


그림 12 선행각도 15°에서 상전류(상)와 서치 코일 기전력(하)

Fig. 12 Phase current and search coil emf at the Advance angle 15°

전류 확립구간이 없는 선행각도 0°에서의 상전류와 10°, 15°의 전류 확립구간을 가진 상전류를 비교해 보면, 확립구간이 없는 것의 상전류 형태와 확립구간이 있는 상전류의 형태는 토크 발생구간에서 현저한 차이를 보여주고 있다. 토크 발생구간이 시작되는 점에서 선행각도 증가에 따라 상전류의 증가분은 급격히 감소한다. 이것은 서치 코일의 기전력 파형에서도 그대로 반영된다. 토크 발생구간이 시작되는 점 즉 고정자의 돌극과 회전자의 돌극이 겹치기 시작하는 지점의 위치는 서치 코일의 유기 전압이 증가하다가 일정하게 되는 부분과 일치하는 것을 알 수 있다. 결국 서치 코일의 기전력은 자속 경로를 결정하는 상전류와 밀접한 관계를 갖고 있으며 적정 선행각도를 갖고 ON시키면 서치 코일에서 토크 발생 시작점이 확연히 드러남을 알 수 있다.

### 5. 서치 코일을 이용한 구동법

그림 13은 서치 코일을 이용한 위치 검출로 TSRM을 구동시키는 방법을 나타낸다. 일정한 선행각도를 가지고 회전자가 회전할 때 각 서치 코일에서 검출되는 전압 파형은 그림 12, 13의 형태와 같다. 선행각도가 없는 경우에는 그림 11의 경우처럼 전압 파형이 평평하기 때문에 토오크 발생 시작점을 검출하지 못한다. 그러나 0°의 선행각도로 SRM을 구동하면 부토오크가 발생하고, 전류의 확립이 이루어지지 않으므로 효율이 저하된다. 따라서 0°의 선행각도로 구동하는 경우는 거의 없으므로 큰 문제가 되지는 않는다.

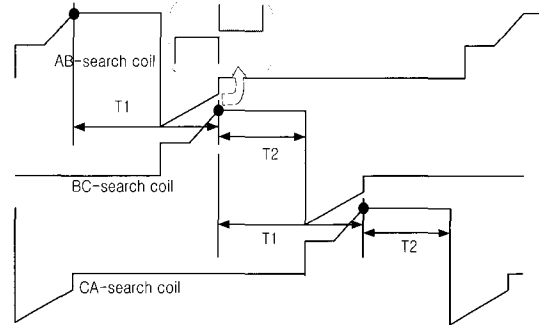


그림 13 서치 코일을 이용한 제어원리  
Fig. 13 Control principle using search coils

서치 코일의 정(+)의 기전력이 나타나는 구간이 ON되는 구간을 나타내며, 이 구간에서만 회전자의 위치 정보를 담고 있다. 다른 구간들의 파형 형태는 회전자의 위치와 관계없이 상전류의 영향이 그대로 반영되어 나타난다.

그림 13에서 T1은 이전 상에서의 토크 발생 시작점과 현재 ON되고 있는 상의 토크 발생 시작점을 시간으로 나타낸 값이다. 6/4 SRM의 경우 위치적으로 30°를 나타내고, 30°를 T1으로 나눈 값은 현재의 각속도를 가리킨다. T1은 위치적으로 30°를 나타내므로 현재의 속도를 알고(T1의 시간을 알고 있고) 토크 발생구간 시작점을 검출하면 스위치 ON구간을 계산할 수 있고, T2의 시간 후에 커뮤테이션을 한다.

T2는 토오크 발생 시작점에서 OFF점까지의 시간으로 고정자 돌극과 회전자의 돌극이 겹치는 구간 즉 토오크 발생 구간을 시간으로 표시한 값이다. 본 논문에서는 고정자 극호와 회전자 극호가 동일한 30°를 갖기에 T2는 최대 30°의 구간을 갖으며, T2가 30°보다 작은 값을 갖는다면 다음 여자 상에 선행각도를 주는 것을 의미한다.

$$T2 = \alpha T1 \tag{4}$$

식 (4)는 전체 토오크 발생 구간에서 스위치 ON구간의 시간을 결정하는 식이다.  $\alpha$ 는 전체 정토오크 발생 구간에서 실제 여자되고 있는 정토오크 구간의 비율을 의미한다. 따라서 전체 정토오크 구간에서 소호 구간은 다음 상의 선행각도를 제공한다. 예를 들어  $\alpha$ 가 2/3의 값이면 T1이 30°를 시간으로 나타내는 값이므로, 토오크 발생구간을 시간으로 표시된 T1값은 20°구간의 시간을 의미하며 다음 여자상에 10°의 선행각도를 갖게 한다.  $\alpha$ 가 1/2의 값이면 토크 발생구간은

15°가 되고 15°의 선행각도를 갖게 한다. 이러한 서치 코일을 이용한 구동법은 역방향 운전에서도 그대로 적용된다.

그림 14는 토크 발생구간 시작점을 검출하기 위한 방법으로 서치 코일의 기전력 파형과 미분 파형의 시물레이션 파형이다. 미분 파형에서 알 수 있듯이 토크 발생구간 시작점을 미분 파형을 이용하면 쉽게 검출할 수 있다.

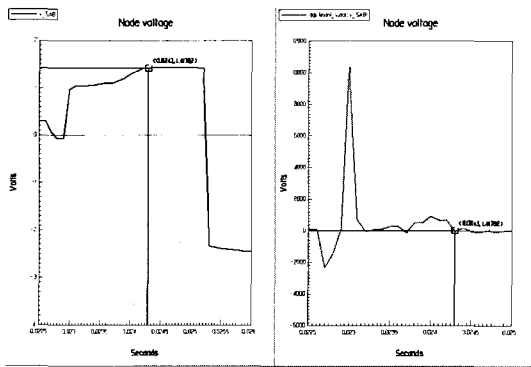


그림 14 서치 코일의 기전력 파형과 미분파형  
Fig. 14 Waveform of search coil emf and differential waveform

### 6. 초기 기동법

정지 상태의 SRM이나 TSRM을 기동(starting)하기 위해서 초기 회전자의 위치를 반드시 알아야 한다. 초기 회전자의 위치를 알 수 없는 센서리스 구동 방법의 경우 강제 정렬법을 이용해 회전자를 원하는 위치에 놓고 초기 기동(Starting the SRM)을 시키는 경우가 있다. 이런 강제 정렬의 방법은 정밀제어를 해야 하는 곳이나 부하에 무리를 주어서는 안되는 곳에서는 적당하지 못하다. 본 논문에서 제안한 서치 코일을 이용한 TSRM의 구동에서 초기 기동의 위치 검출법은 다음과 같다.

PWM으로 인가전압을 작게 초핑한 다음, 3개 상을 연속적으로 전류의 확립이 이루어지지 못하는 시간 간격으로 매우 빠르게 스위칭하면서 단일 펄스 전압을 인가하면 모터는 계속 정지해 있고 전류는 미세하게 인가되어 서치 코일에서는 상호 인덕턴스의 크기 즉 고정자 돌극과 회전자돌극이 겹쳐있는 정도에 따라 3개의 서치 코일에 기전력이 유기되며, 그 크기가 각각 결정된다. TSRM이 3상인 경우 최고값을 먼저 선정하고 나머지 두개 값을 비교하는 방법으로 서치 코일에 유기되는 전압 크기의 순위와 크기 비율을 알면 최초

에 여자 시킬 상을 결정할 수 있다.

이때 모터가 정지 상태에 있으므로 서치 코일의 기전력은 식 (5)와 같이 변압기 기전력만 유기된다.

$$e = -M \frac{di_p}{dt} \tag{5}$$

그림 15는 TSRM 정지 상태에서 연속적으로 단일 펄스 전압을 인가시 AB상 서치 코일, BC상 서치 코일, CA상 서치 코일에 유기되는 기전력의 파형을 나타낸다. 그림 15에서는 서치 코일의 기전력 크기가 AB>BC>CA를 나타내므로 최초 여자 상은 BC상으로 결정되며 처음에 ON을 시켜 초기 기동을 시킨다.

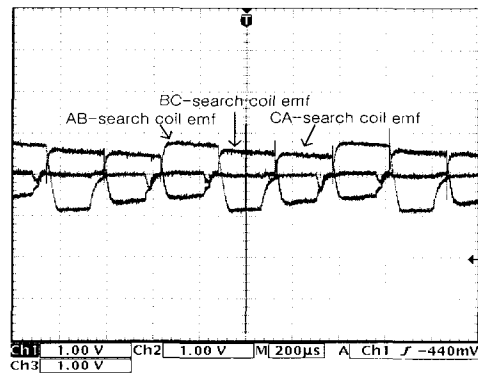


그림 15 초기 기동을 위한 서치 코일 기전력 크기 비교 파형

Fig. 15 Comparison of magnitude of search coil emf for start the TSRM

### 7. 전체 시스템의 구성

전체시스템의 구성은 그림 16과 같고 크게 PC, C167CR 마이크로 컨트롤러를 포함하는 주 제어 보드 부분, 범용 Full 브릿지 인버터를 모듈화한 IPM, 앵슬 루트형 엔코더, 전류의 역류를 방지하기 위한 다이오드, 전기적 절연을 위한 포토 커플러 그리고 서치 코일을 내장한 토로이달 모터로 구성되어있다. 엔코더로 구동하는 경우에는 8비트의 신호를 이용해서 회전자의 위치를 검출하고, 서치 코일로 구동하는 경우에는 유기되는 전압 파형을 A/D로 입력받아서 원하는 점을 검출한다. 서치 코일에서의 유기 전압 파형은 주 제어 보드에서 제어 할 수 있도록 증폭기로 OFFSET을 조정하도록 하였다. 또한 전류값 측정을 위한 전류 센서, 속도 디스플레이를 위한 LCD를 추가로 구성하였다.

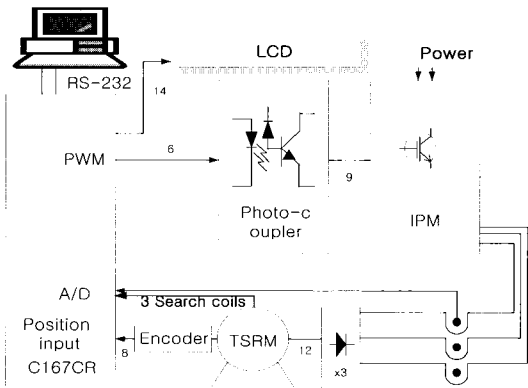


그림 16 전체 시스템 구성도  
Fig. 16 Configuration of the entire system

### 8. 실험결과 및 고찰

그림 17은 실제 실험에 사용된 TSRM과 주변장치를 보여준다. 실험은 선행각도  $10^\circ$ 에서 이루어졌으며, 식 (4)에서  $\alpha$ 의 값은  $2/3$ 이다. 결과 비교는 2000rpm에서 엔코더에 의한 TSRM의 상전류 파형과 서치 코일의 기전력 파형, 서치 코일에 의한 위치 검출법으로 상전류 파형과 서치 코일의 기전력 파형을 분석하였다. 분석결과 서치 코일을 이용하여 TSRM을 구동시킨 결과는 엔코더를 이용한 구동과 거의 같은 결과를 보였으며, 그림 18, 19, 20, 21은 그 비교결과를 잘 보여준다.

그림 18, 20은 엔코더를 이용하여 구동한 경우의 파형들이고, 그림 19, 21은 본 논문에서 제안한 서치 코일을 이용하여 구동시킨 결과 파형들이다.

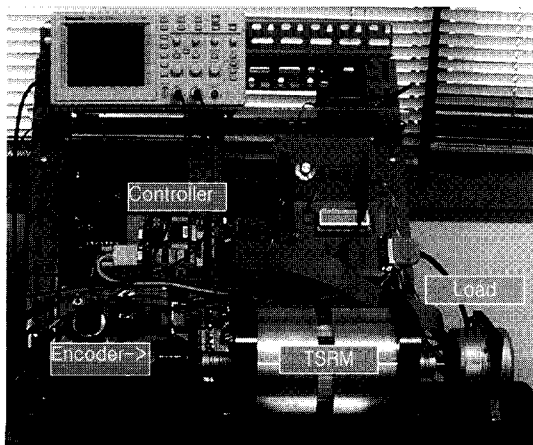


그림 17 TSRM과 구동 드라이버  
Fig. 17 TSRM and an experimental driver

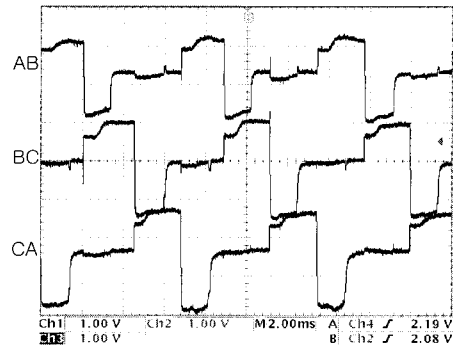


그림 18 엔코더를 이용한 구동시 서치 코일의 기전력 파형  
Fig. 18 Waveforms of search coil emf using the encoder

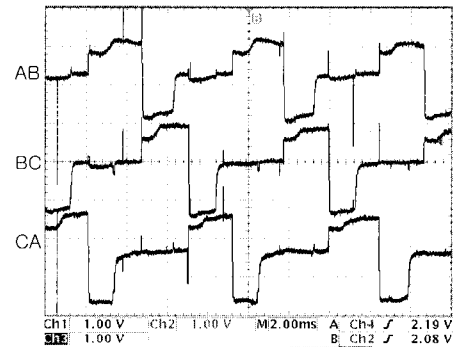


그림 19 제안된 방법으로 구동시 서치 코일의 기전력 파형  
Fig. 19 Waveforms of search coil emf using the proposed method

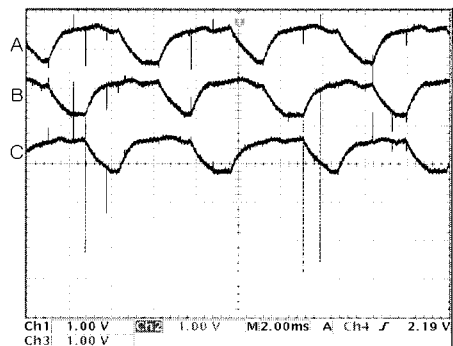


그림 20 엔코더를 이용한 구동시 3상 전류 파형  
Fig. 20 Waveforms of 3 phase currents using the encoder

그림 22와 23은 7500rpm, 선행각도  $20^\circ$ 에서 실험한 것으로, 본 논문에서 제안한 방법으로 구동시킨 경우의 상전류 파형과 서치 코일의 기전력 파형이다. 고속 회전에서도 양호한 구동 상태를 보여주고 있다.

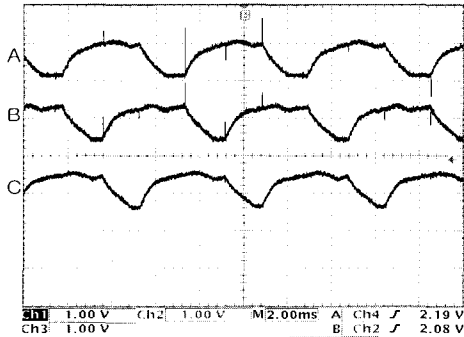


그림 21 제안된 방법으로 구동시 3상 전류 파형  
 Fig. 21 Waveforms of 3 phase currents using the proposed method

따라서 세밀한 정밀도를 요하지 않는 부분에서 엔코더와 같은 위치 센서로 구동되는 SRM을 서치 코일을 내장한 SRM으로 대체가 가능할 것으로 사료된다.

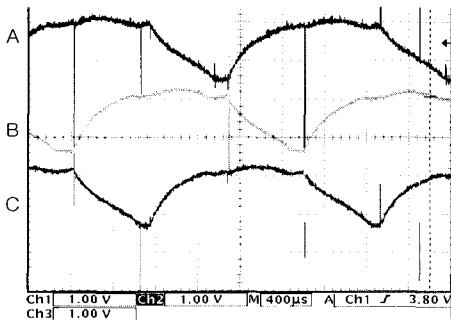


그림 22 제안된 방법으로 구동시 7500 RPM에서 3상 전류 파형  
 Fig. 22 Waveforms of 3 phase currents using the proposed method at the 7500 RPM

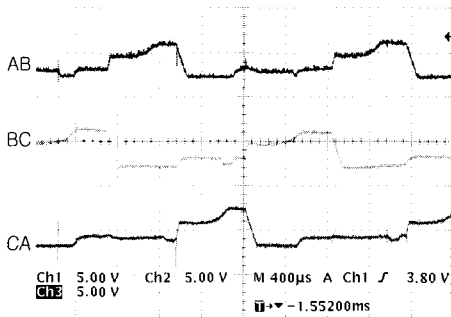


그림 23 제안된 방법으로 구동시 7500 RPM에서 서치 코일의 기전력 파형  
 Fig. 23 Waveforms of search coil emf using the proposed method at the 7500 RPM

### 9. 결 론

본 연구에서는 SRM의 회전자 위치를 검출하는 방법으로 엔코더와 같은 위치 센서를 대신하여 서치 코일을 이용하는 방법을 제안하였다.

먼저 위치 센서를 이용하여 토로이달 SRM을 구동시키고 이때 유기되는 서치 코일의 전압 파형을 분석한 결과 위치 정보를 담고 있음을 확인하였다. 이를 토대로 엔코더와 같은 위치 검출 센서를 사용하지 않고도 각 상의 돌극에 감긴 서치 코일의 특정지점 검출과 현재의 속도 계산으로 토로이달 SRM을 구동시킨 결과 엔코더로 구동시키는 경우와 동일한 결과값을 나타냈음을 증명하였다.

이렇게 서치 코일을 이용한 위치 검출 방법은 기존 위치 센서를 사용한 모터보다 훨씬 저가의 모터 생산을 가능하게 하고, 충격에 강하며, 수리를 필요로 하지 않을 뿐만 아니라 고온 고압의 환경에서 구동을 가능하게 하고 위치 검출 센서가 차지하는 부피만큼 모터의 크기를 줄일 수 있다는 장점을 가진다. 또한 제안된 방법은 TSRM뿐만 아니라 일반 SRM에서도 똑같이 적용된다. 따라서 향후 저가격의 SRM 상품화에 많이 기여할 것으로 사료된다.

본 연구는 한국과학재단 지정 전남대 고품질전기전자부품 및 시스템 연구센터 연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 참 고 문 헌

- [1] B.K. Bose, T.J.E. Miller, P.M. Szeszenyand, and W.H. Bocknell, "Microcomputer Control of Switched Reluctance Motor", IEEE Tr-IA, vol. 22, no. 4, pp. 708~715, 1986.
- [2] Ki-Bong Kim, "Field Analysis of Low Acoustic Noise Switched Reluctance Motor", IEEE Transactions on Magnetics. Vol. 33, No. 2, pp. 2026~2029, March 1997.
- [3] 오석규, 이종근, 최태완, "2단계 소호전압방식을 적용한 보상권선형 SRM의 진동·소음특성", 전력전자학회 논문지, Vol 6, No. 3, pp. 250~257. 2001.6.
- [4] T.J.E. Miller, "Switched Reluctance Motors and Their Control", Clarendon Press. 1993.
- [5] P.J. Lawrenson, "Switched Reluctance Motors Drives", Electronics & Power, pp. 144~147, February 1983.



- [6] E. Mese and D.A. Torrey, "Sensorless Position Estimation for Variable-Reluctance Machines using Artificial Neural Networks", IEEE Industrial Applications Society Annual Meeting, pp. 540~547, 1997.
- [7] S.S. Murthy, B. Sing, and V.K. Sharma, "A Frequency Response Method to Estimate Inductance Profile of Switched Reluctance Motor", International Conference on Power Electronics and Drives Systems Proceedings, pp. 181~187, 1997.
- [8] Jae-Dong Choi, "Sensorless speed control of Switched Reluctance Motor using Intelligent Control Algorithm", February 2000.
- [9] 안진우, 스위치드 릴럭턴스 전동기, 오성미디어, 2001.1.
- [10] Ki-Bong Kim, "Toroidal Switched Reluctance Motor part1. fundamentals", Korea-Germany symposium 11. 1998. pp. 135~141.

**저 자 소 개**



**양형열(梁煥烈)**

1969년 5월 27일생. 1993년 전남대 전기 공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년~현재 동 대학원 박사과정.



**김종건(金鐘健)**

1973년 8월 18일생. 1997년 전남대 물리학과 졸업. 2001년~현재 전남대 전기공학과 석사과정.



**임영철(任永徹)**

1953년 4월 22일생. 1975년 전남대 전기 공학과 졸업. 1977년 고려대 대학원 전기 공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1997년 호주 모나시 대학 Visiting Scholar. 현재 전남대 전기공학과 교수. 한국과학재단 지정 전남대 고

품질 전기전자부품 및 시스템 연구센터 소장. 당 학회 학술 이사.