

◆특집◆ 직선·회전모터 구동 이송·회전체 연구 I

고속 스피ndl용 5.6KW급 50,000RPM 센서리스 구동 BLDC 드라이버에 관한 연구

윤성식\*, 김성훈\*, 박승규\*, 안호균\*

A Study on the 50,000RPM-5.6KW Sensorless BLDC Motor Driver

Seong Sik Yoon\*, Sung Hoon Kim\*, Seung Kyu Park\* and Ho Kyun Ahn\*

Key Words : Sensorless (센서리스), Back-EMF (역기전력), Brushless DC motor (브러시리스 직류 모터), BLDC motor Driver (브러시리스 직류 모터 드라이버)

1. 서론

산업의 발달과 더불어 전동기 사용에 대한 수요는 급속히 증대되고 있는 실정이며, 전동기의 사용 목적 및 응용 분야 또한 다양한 추세를 보이고 있다. 최근 지구 환경문제와 석유에너지에 대한 높은 의존도의 분산에 많은 관심이 집중되고 있는데, 그중 전기자동차(electric vehicles)는 환경보존에 기여할 뿐만 아니라, 높은 에너지 효율로 많은 주목을 받고 있다. 현재 소용량 전동기는 대부분 직류 전동기가 사용되고 있으며, 현재 브러시리스 직류 모터(BLDC : Brushless DC Motor)는 제어용과 같은 특수한 목적으로 사용되고 있다. 이러한 브러시리스 직류 모터는 소형 직류전동기에 비하여 많은 장점을 가지고 있으므로 앞으로 여러 분야에 이용될 수 있을 것이다.<sup>1,2</sup>

이러한 브러시리스 직류 모터는 높은 효율과 제어의 용이성 때문에 많이 이용되고 있다. 브러시리스 직류 모터는 브러시 방식 직류 모터의 브러시와는 전류에 비례한다. 또한 기계적인 접촉이 없기

때문에 고속, 수명이 길고, 고효율, 속도제어가 용이한 특성을 가진다. 하지만, 브러시 방식 직류 모터 정류자 등의 기계적인 접촉부분을 제거하고, 반도체 소자를 이용한 인버터로 대체한 것으로, 속도-토크 특성은 브러시 방식 직류 모터와 같으며, 토크터는 기계적인 정류(commutation)를 하는데 반해, 브러시리스 직류 모터는 구동을 위해서 논리적인 연산이 필요하므로 구동 회로의 복잡성 및 빠른 연산 속도가 요구된다.<sup>3,4</sup>

브러시리스 직류 모터는 브러시가 없기 때문에, 직류 모터와 달리 회전자의 위치에 따라 그에 따른 정류를 외부에서 수행하여야 한다. 이와 같은 구조의 특성 때문에 브러시리스 직류 모터는 정류시 회전자의 위치 정보가 필요하고, 보통 위치 검출 센서를 부착하여 위치 정보를 얻는다. 위치 검출 센서로는 리졸버(resolver) 및 광학 인코더, 홀 센서 등이 있는데, 소형 정밀 모터에서는 홀 센서를 주로 사용하고 있다.<sup>5</sup>

위치 검출 센서는 모터의 가격 및 크기를 증가시키고, 모터 구조를 복잡하게 할 뿐 아니라, 주변 온도나 습도 등 작동 환경에 제한을 받는다. 이러한 이유로 위치 검출 센서 없이 브러시리스 직류 모터를 작동 시키는 센서리스 구동 방법이 연구되어져, 센서리스 방식의 모터 드라이버가 제작되고 있다.

\* 창원대학교 메카트로닉스공학부  
Tel. 055-261-8096, Fax. 055-261-8049  
Email fjqpzm@nate.com  
BLDC 센서리스 제어, 모터 드라이버, 전력변환 장치 등의 분야에 관심을 두고 연구활동을 하고 있다.

위치 검출 센서에 따른 제한 요소 및 단점을 개선하기 위해서 사용되는 센서리스 구동에는 역기전력 검출, 순환 다이오드 검출, 상 전류 검출 등의 방법 중 역기전력을 이용하여 모터의 회전자가 회전하면 각 상의 코일에 발생하는 역기전력을 통해서 모터 회전자의 위치를 검출하여 모터를 구동함으로써 모터의 구조를 간단하게 하고, 기능 또한 향상 시킬 수 있다.<sup>1,2,5</sup>

역기전력을 통한 센서리스 구동 방법을 사용할 때 회전 속도에 비례하는 역기전력의 특성에 기인하여 몇 가지 문제점이 발생 한다. 첫 번째 모터가 정지 상태에서는 각 상의 코일에서 역기전력이 발생하지 않으므로 모터의 회전자 위치를 검출 할 수 없다. 따라서 모터를 구동 시키는 시작 알고리즘이 필요하다. 두 번째 회전자의 속도가 저속일 때 역기전력이 발생하지만 회전자의 위치를 검출하기에 충분한 역기전력이 발생하지 않는다. 따라서 이러한 문제점을 보완 되어져야 한다.<sup>1,2,5</sup>

시작 알고리즘 중에서 가장 많이 사용되는 방식이 강제 정렬 구동 방식이다. 이 방식은 모터를 동기 가속시키는 방식이다. 그리고 모터는 위치 검출이 가능할 만큼의 역기전력을 얻기 위해, 회전자와 고정자의 상대 위치에 따른 정류대신, 임의로 결정된 시간 간격을 가진 정류 신호를 차례대로 모터에 인가하여 속도를 증가 시키는 것이다.

스핀들에서 고속화의 목적은 기존의 증속 기어등을 사용하는 고속화 시스템에 비하여 초고속 전동기를 응용하는 고속 회전 시스템은 성능면에서 더욱 고효율화가 가능하며 시스템의 부피가 증속 기어를 사용한 일반 고속 회전기 시스템에 비하여 소형, 경량화, 저소음화, 효율화에 매우 적합하다.

본 논문에서는 이러한 대용량의 스펀들 시스템을 경박, 단순화하고, 고효율화 할수 있는 시스템에 대해서 연구한다. 스펀들 시스템에서는 초기 및 저속에서 동작 시간이 많지 않고, 정밀성이 요구되지 않으므로 강제정렬 구동하여 센서리스화를 실현 하였다. 또한 IPM(Intelligent Power Module)을 사용하여 대용량 시스템에 적합 하도록 설계, 제작하여 스펀들용 브러시리스 직류 모터를 구동하는 시스템을 연구 하였다.

## 2. 브러시리스 직류 모터

브러시리스 직류는 직류 모터에서 브러시, 정류

자 등의 기계적인 접촉부를 제거하고, 이것을 전자적인 정류(commutation) 회로를 설치한 직류 모터를 말한다. 그래서 브러시리스 모터를 무정류자 모터라고도 한다. 브러시리스 직류 모터는 정류를 위한 브러시가 없기 때문에 전기적, 기계적 노이즈가 작고 브러시를 유지, 보수할 필요가 없어 반영구적인 사용이 가능하다. 또한 브러시를 사용한 정류시 발생하는 스파크가 없기 때문에 섬락현상이 발생하지 않는다.

일반적으로 회전자는 영구자석을 이용하게 되며, 브러시를 대신하여 전자적인 정류 회로를 구성하여 브러시리스 직류 모터를 구동한다.

정류를 위해서는 회전자 영구자석의 위치를 검출하여야 하는데, 일반적으로 홀 센서를 통하여 회전자의 위치를 검출하여 구동회로에 피드백 하게 되며, 이를 통해 브러시리스 직류 모터의 정류를 수행 한다.

이러한 정류 회로를 거치게 되면, 브러시리스 직류 모터는 직류로 구동되는 것이 아니라, 전기자에 인가되는 전류는 교류 형태를 띠게 된다.

모터의 구조를 Fig. 1과 같은 2극 3상의 형태로 전기자를 구성하며, 일반적으로 사용하는 회전자 극수는 4 혹은 6극으로 구성되어지고 전기자의 극수도 이에 따라서 결정되게 된다. 회전자의 극수를 늘린다면 전기자의 코일이 이에 따라 증가하나, 전기자 출력단자의 수를 늘인다는 의미는 아니며, 전기자는 3상을 유지하게 된다.

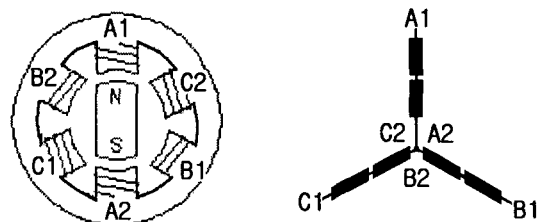


Fig. 1 2-pole 3-phase BLDC motor

전자적인 정류 회로를 통해 정류를 하기 위해서는 전류를 흐릴 상을 판단해야 한다. 즉, 모터가 일정한 토크를 유지하기 위해서는 회전자의 위치를 검출하여 회전자와 고정자의 상대 위치에 따른 정류 해주어야 한다.

본 논문에서는 일반적으로 사용되는 홀 센서를 사용하지 않고 브러시리스 모터의 역기전력을 이용

하여 회전자 위치를 검출하는 센서리스 방법을 사용한다.

### 3. 센서리스 구동

#### 3.1 센서리스 개요

브러시리스 직류 모터를 센서리스로 운전하는 방식에는

- 개방된 상의 단자전압을 검출하는 방식 (Open Phase Voltage Sensing - EMF detection)
  - 역기전력을 적분하는 방식 (Back-EMF integration)
  - 개방된 상의 전류를 검출하는 방식 (Open Phase Current Sensing)
  - 역기전력의 제 3고조파를 검출하는 방식 (3rd Harmonic detection)
  - 역기전력을 이용하는 방법 (Back-EMF)
- 등이 사용되고 있다.

역기전력을 적분하는 방식은 ZCP(Zero Crossing Point)로부터 30도 되는 지점까지의 적분값이 일정하다는 원리를 이용하는 방식으로, 센서리스 구동 시스템에 사용되는 주 프로세서의 부담이 적다는 장점을 가지지만, 센서리스 운전시 상전류가 역기전력과 완전 동기되지 못하고, 약계자 운전이 불가능하다는 단점을 가지고 있다.

개방된 상의 전류를 검출하는 방식은 개방된 고정자 권선에 흐르는 전류가 환류 다이오드로 흐르는 것을 검출하는 방식으로 상 전류는 자속과 동기 위상이므로 위상 지연 않고 회전자 위치를 검출할 수 있으나, 고속 운전시 회전자 위치의 간접 검출 분해 능력이 저하되고 전류 검출을 위한 양극성 전원이 필요하므로 하드웨어 구성이 어렵고, 효율이 떨어져 센서리스 드라이브의 제조단가가 높아진다는 단점을 가지고 있다.

역기전력의 제 3고조파를 검출하는 방식은 비교적 넓은 운전 범위에서 사용될 수 있으며 상 지연 필터가 필요 없고 비교적 정확한 동기가 이루어진다는 장점을 가진다. 하지만 이 방식을 적용하기 위해서는 전동기의 상 전압을 측정해야 하는데 일반적으로 전동기의 중성점이 제공되지 않으므로 부가적인 하드웨어가 필요하며 특히 저속 영역에서 제 3고조파가 검출되지 않는다는 단점을 가진다.

센서리스 구동에 가장 많이 쓰는 방법이 역기전력을 이용하는 것이다. 모터의 회전자가 회전하면

코일에 역기전력이 발생하는데 권선의 각 상에서 발생하는 역기전력은 회전자의 위치에 따라 주기적으로 발생하기 때문에 이를 통해서 위치 정보를 얻을 수 있다.

역기전력을 사용하는 경우 두 가지 문제점이 발생할 수 있다. 모터를 구동시키는 시작 알고리즘이 필요하고, 저속에서 구동시 안정적인 역기전력이 발생하지 않는다는 것이다. 또한 역기전력 파형과 회전자 위치의 위상차를 필터 회로를 이용하여 보상해야 한다.

모터의 저속시 브러시리스 직류 모터의 구동을 위해서 초기 구동 알고리즘이 필요하다. 센서리스 초기 구동시 역기전력을 검출할 수 있는 속도까지 브러시리스 모터의 속도를 높이기 위해서 동기 가속시키는 강제 정렬 구동 방법을 이용하였다.

#### 3.2 역기전력(Back-EMF)의 개념

역기전력(Back-EMF)은 권선에 전류를 흘려 보내지 않고, 회전자를 회전시키면 권선에는 역기전력이 발생한다. 식 (1)을 통해서 역기전력을 이용하여 회전자 위치 검출에 대해 확인 할 수 있다.

$$e_a = \frac{d\Phi_a}{dt} \quad (1)$$

여기서,  $e_a$ 는 A상에 발생하는 역기전력이고,  $\Phi_a$ 는 A상 권선의 자속이다. 식 (2)와 같이 회전자의 회전 속도와 자속의 위치에 대한 변화율로서 역기전력을 표시 할 수 있다.

$$e_a = \frac{d\Phi_a}{dt} = \frac{d\Phi_a}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt} = \omega \frac{d\Phi_a}{d\theta} \quad (2)$$

여기서,  $e_a$ 는 A상에 생기는 역기전력이고,  $\theta$ 는 Fig. 2에서 A상과 회전자의 상대 위치,  $\omega$ 는 회전자의 회전 속도이다. B상, C상도 마찬가지로 같은 자속 및 역기전력 파형을 가지며, Fig. 2와 같이 전기 각 120°의 위상 간격이 배치됨을 알 수 있다. 그림 Fig. 2는 회전자의 위치에 대한 각 상에서의 자속과 역기전력을 표시한 것이다. 역기전력은 회전자 위치에 동기화 되기 때문에 역기전력을 이용하여 회전자의 위치를 알 수 있다.

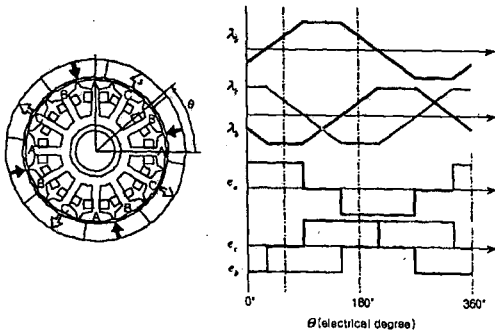


Fig. 2 Magnetic and back-emf of each phase

### 3.3 역기전력을 이용한 센서리스 브러시리스 직류 모터 드라이버

#### 3.3.1 역기전력을 이용한 위치 검출

기존의 홀 센서를 이용한 브러시리스 직류 모터 드라이버와 같은 방법을 통해서 브러시리스 직류 모터 드라이버의 회전자 위치 검출을 위해서 사용되는 홀 센서의 신호를 역기전력으로 대체 하여 회전자 위치를 검출 한다.

역기전력과 중성점을 비교하여 얻은 회전자 위치 검출 신호는 기존의 홀 센서 신호와 30도의 위상 차이를 가진다. 이 위상을 쉬프트 시키기 위해서는 일반적으로 콘덴서의 충·방전 특성을 이용하여 위상 시프트 하는 방법이 많이 보인다. 이 방법으로는 일정한 회전수에서 30도의 위상 쉬프트는 가능하지만, 광범위한 회전수 영역에서 정확하게 30도 위상을 시프트 하기 어려운 경우 발생 한다.

따라서 본 논문에서는 제어 프로세서를 통해서 모터의 회전수를 카운터로 계수하고 30도 위상 시프트 량을 연산하여 구한다.

#### 3.3.2 위치검출 마스크 신호

각 상의 위치 검출 신호에는 본래의 제로 크로스 점과는 다른 별개의 타이밍으로 신호가 출력된다. 이것은 모터 구동회로의 출력 FET가 온에서 오프로 전환될 때에 그때까지 전류가 흐르던 코일 전류의 패스가 변화됨으로써 발생하는 구동 전압 노이즈에 의한 것이다.

이러한 노이즈의 영향으로 위치 검출시 오검출이 발생 할 수 있고, 광범위한 회전수에서 정확한 센서리스 구동이 어렵다. 따라서 올바른 위치검출 신호를 얻기 위해서는 이 구동 전압 노이즈에 의한 위치 오검출 신호에 마스크를 걸 필요가 있다.

모터 구동회로의 출력 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)가 온에서 오프로 전환된 후 일정 시간에 위치검출 신호 출력에 마스크를 건다.

이 마스크 시간은 회전자의 회전수에 따라 변화시킬 필요가 있다. 기동시나 과부하시의 저속 영역에서는 구동전류가 크기 때문에 구동전압 노이즈가 발생하는 시간이 길어지기 때문이다. 또한 고속 회전시 마스크 신호가 너무 길면 본래의 위치 검출 신호가 마스크에 묻혀버려 위치를 검출 할 수 없게 된다. fig. 3에서 각 상 코일의 구동 전압 파형과 중성점의 비교 결과에서 보면 노이즈의 영향으로 정확한 위치검출 신호를 구현하지 못한 것을 볼 수 있다. fig. 3 (b)에서 위치검출 마스크를 통해서 위치 검출 신호를 구현 할 수 있다.

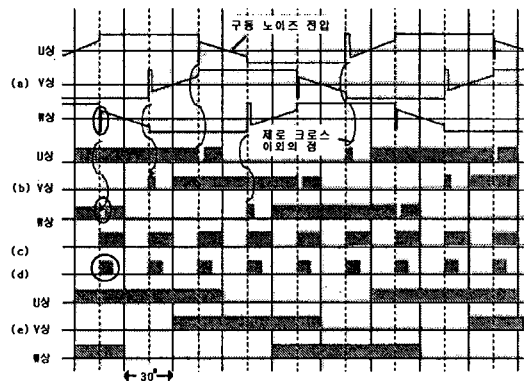


Fig. 3 Position mask signal

- (a) Operating Voltage Signal of each phase
- (b) Signal of Operating Voltage - Neutral point of each phase
- (c) Speed Signal (30Degree Phase Shift)
- (d) Position Sensing mask Signal
- (e) Signal of Operating Voltage - Neutral point of each phase after Masking

## 4. 실험

### 4.1 시스템 구성

**4.1.1 브러시리스 직류 모터 드라이버의 구성**  
본 논문에서 제작한 고속 스핀들용 5.6KW급 50,000RPM 센서리스 구동 브러시리스 직류 모터 드라이버를 간략하게 Fig. 4에 나타내었다. 브러시리스 직류모터의 구동시스템은 Fig. 4에서 보는 바

와 같이 컨버터, 인버터와 제어기 그리고 모터로 구성되어 있다. 본 논문에서는 센서리스 방법으로 구동하므로 홀 센서가 아닌 브러시리스 직류 모터의 역기전력을 피드백 받도록 구성 된다.

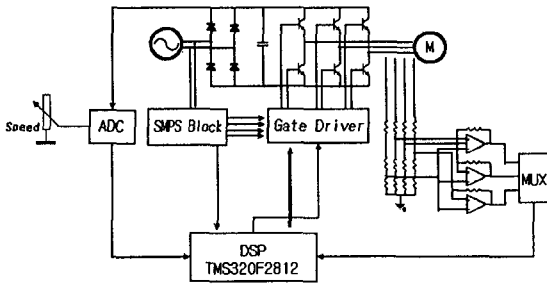


Fig. 4 BLDC motor driver system

스위칭 소자로서는 파워 트랜지스터(Tr), 파워 FET, IGBT 등이 있지만, 파워 Tr의 경우 고전압에는 사용할 수 있으나 구동하기 어렵고, 스위칭 주파수가 수십 KHz이다. 파워 FET는 고전압에는 사용할 수 없지만 구동하기 편리하고, 수백KHz의 스위칭 주파수이며, Ron값이 작아 전압 강하가 작다. 하지만 본 논문에서는 고전압에 구동이 편리한 IGBT를 사용하였다. 스위칭 주파수는 수십KHz 이고, 전압강하는 약 1.5~3V 가량 일어난다.

스위칭시 발열이나, 전력 소모로 인하여 데드 타임 설정이 중요하다. 본 논문에서 데드타임의 경우 시스템에서 사용한 IGBT driver(semikron 사 SKHI61)의 경우 하드웨어 적으로 데드 타이밍을 설정 할 수 있으나 DSP (TMS320F2812)에서 소프트웨어로 처리 가능 하여, 쉽게 설정 할 수 있는 소프트웨어로 처리 하였다.

다음 Table 1은 회로의 설계 사양을 나타낸다.

Table 1 Design circuit specifications

제어 프로세서	TMS320F2812
입력전압	3상 220V
출력전압	380V
출력 전력	5.6KW
Gate Drive	SKHI61
Switching IGBT	BSM100GP60
DC link 캐패시터	330uF × 2

#### 4.1.2 브러시리스 직류 모터 드라이버의 DC 버스단 설계

대전력 모터 드라이버의 경우 대 전류에 따른 위험 요소가 많이 존재 한다. 교류에서 직류로 정류후 직류 안정화를 위하여 필요한 캐패시터 주위에서 회로에서 필요한 시스템 구성 사항에 대해서 주의해야 한다.

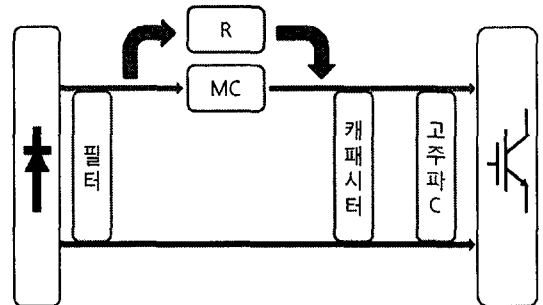


Fig. 5 Design DC link

교류를 직류로 정류 후 시스템 초기 캐패시터 충전시 돌입 전류가 흘러 시스템의 손상을 초래 할 수 있다. 소용량이나 전류가 높지 않다면 NTC (Negative Temperature Coefficient Thermistor) 소자 등을 사용하여 간단히 돌입 전류를 방지 할 수 있으나 대용량의 경우 소자의 가격이나 용량을 만족하는 소자를 구하기 쉽지 않다.

Fig. 5에서 처럼 초기 충전용 저항을 통해서 일정 전류를 캐패시터에 충전 한 후 부하에 공급 할 만큼 큰 전류를 위해 전자접촉기(Magnetic Contactor, MC)를 도통 시켜 전류를 공급한다.

스위칭시 일어 날 수 있는 채터링이나 직류 전원의 노이즈 제거를 위해서 부하측 가까이 고주파 캐패시터를 부착 하여 직류 전원의 안정화를 시켰다.

직류 버스단의 경우 대전력으로 배선을 최대 짧게 하는 것이 좋고, 일명 '부스바'라 불리는 동 막대를 통하여 설계하기도 한다. PCB 설계시 최대한 짧고, 폭을 넓게 설계하고, 다른 교류나 직류 버스단의 양전원, 음전원의 배선의 간격을 최대한 거리를 넓혀 설계 하였다.

캐패시터의 경우 직렬로 사용시 캐패시터의 불균형 전압으로 인하여 시스템이 파손 될 수 있으므로 매우 작은 값의 분압 저항을 통해서 캐패시터 간의 전압을 맞추어 주어야 한다.

### 4.1.3 브러시리스 직류 모터 드라이버의 제어 부 설계

전력단의 설계 뿐만 아니라 속도 구현을 위해서 역기전력을 검출하기 위한 샘플링 주기와 스위칭 주기가 중요하다. 역기전력의 샘플링 주기와 스위칭 주기의 경우 제어 프로세서에 영향을 가장 많이 받으므로 150MIPS의 속도까지 사용이 가능한 DSP (TMS320F2812) 프로세서를 사용하였고, DSP의 경우 ADC 회로를 내부에 탑재하고 있으므로, 어렵지 않게 회로를 구성 할 수 있다.

제어 프로세서의 경우 IGBT와 같은 전압 레벨을 사용할 경우 스위칭에 따른 노이즈가 프로세서에 악영향을 미치고, 역기전력 또한 노이즈가 섞여 시스템이 불안정해 진다. 따라서 전압 레벨을 분리하는 것이 가장 좋고, 분리하기 힘든 상황일 경우 인덕터 성분을 가지고 있는 비드 필터(Bead filter)와 같은 보호 소자를 통해서 노이즈 등의 영향을 최소한으로 해야 한다.

### 4.2 브러시리스 직류 모터 드라이버의 알고리즘

초기 기동시 회전자 위치와 관계없이 가속시킬 경우 회전자가 고정자의 회전자계와 동기를 이루지 못하여 정지된 상태에서 진동하는 경우가 발생할 수 있다. 그래서 보통은 3상중 2상을 짧은 시간 통전시키는 강제정렬을 사용하여 초기 회전자 위치를 검출한다.

이것은 위치를 검출한다기 보다는 지정된 곳에 인위적으로 회전자를 위치 시키는 것이기 때문에 역회전 또는 미세한 진동 등을 유발 할 수 있으나 제어성이 용이하다. HDD나 ODD와 같이 기동시 역회전이 기록 데이터를 판독하는 자기 헤드와 디스크 표면이 접촉되는 원인이 될 경우에는 헤드의 신뢰성에 문제가 발생 할 수 있다. 이러한 현상을 방지하려면 전동기가 완전히 정지된 상태에서 초기 회전자의 위치를 알 수 있어야 한다. 이 경우 하드웨어가 복잡해지고 초기 검출을 위한 알고리즘 수행이 필요하다.

본 논문에서는 고속 스핀들용을 대상으로 설계 및 실험 하였으므로, 저속에 대한 사용이 적고, 초기 회전자 위치에 따른 신뢰성 문제가 없으므로 강제 정렬 구동 방법을 통하여 구동하였다.

브러시리스 직류 모터 드라이버의 센서리스 구동 알고리즘에 대한 흐름도를 Fig. 6에 간략하게 나

타내었다.

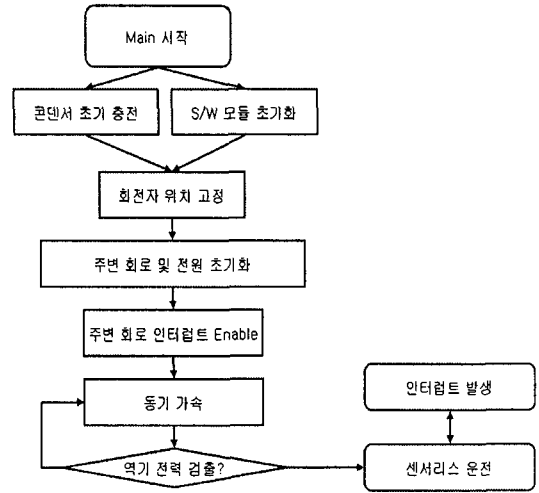


Fig. 6 BLDC motor sensorless algorithms

### 4.3 실험 결과

고속 스핀들용 5.6KW급 50,000RPM 센서리스 구동 브러시리스 직류 모터 드라이버에 대한 실험 결과를 실험 파형을 통해 알아본다. 먼저 제어 프로세서인 DSP TMS320F2812에서 게이트 드라이브로 입력되는 3상 TOP 부분에 대한 파형을 Fig. 7에 나타내었다. 제어 프로세서에서 출력되는 3.3V 디지털 신호를 게이트 드라이버의 전압 레벨과 맞추기 위해 5V 디지털 신호로 변환한 파형이다.

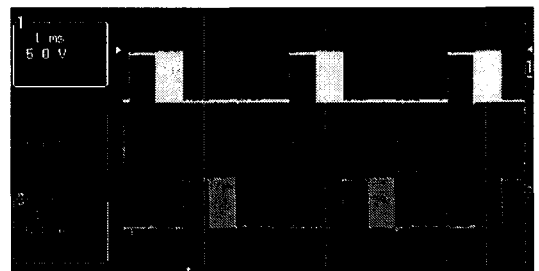


Fig. 7 3-phase input H-bridge wave (1ms/div, 5.0V/div)

다음 Fig. 8과 Fig. 9은 IGBT 출력단에서 브러시리스 직류 모터에 입력되는 파형이다. Fig. 8의 경우 시스템 직류 버스 음전원단을 기준으로 하여 각 3상의 파형을 측정 한 것이다.

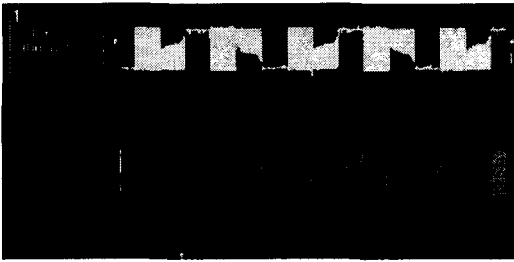


Fig. 8 3-phase phase-gnd wave (1ms/div, 400.0V/div)

Fig. 9의 경우 모터의 중성점을 기준으로 각 3상의 파형을 측정 한 것으로 역기전력을 통해 회전자 위치 검출에 사용되는 파형이다.

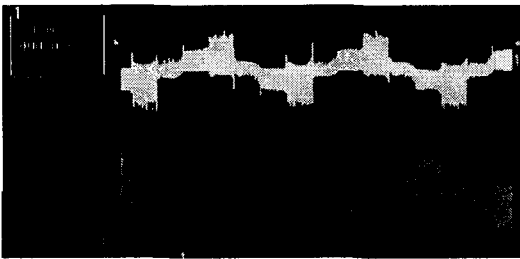


Fig. 9 3-phase phase-neutral point wave (1ms/div, 400.0V/div)

스핀들 모터에서 발생하는 역기전력은 필터 회로를 거쳐 제어 보드 A/D에 입력 하여 스핀들 모터의 위치와 속도를 연산한다.

필터 회로를 거친 역기전력 파형은 Fig. 10이다.

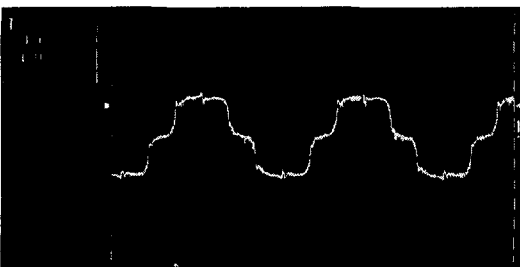


Fig. 10 Control circuit input back-emf (1ms/div, 1.0V/div)

#### 4. 결론

본 논문에서는 고속 스핀들용 브러시리스 직류

모터에 사용되는 5.6KW급 50,000RPM 센서리스 구동 모터 드라이버를 제작하고, 구동 특성을 확인하였다.

고속 스핀들용 센서리스 BLDC 모터 드라이버를 통해 구동시킴으로써 고속 스핀들용 브러시리스 직류 모터용 드라이버로 적용 가능함을 확인 할 수 있었다.

DSP를 제어 프로세서로 사용하고, IPM으로 인버터를 구성함으로써 전력 변환부의 신뢰성을 확보하였고, 단상 220Vac를 정류 하여, 고전압, 고전류를 사용하는, 브러시리스 직류 모터 드라이버를 제작, 구동 하였다.

고성능 제어 프로세서 DSP를 통하여 샘플링 주기와 스위칭 주기를 만족시켜 50,000RPM까지 속도를 확보 하였다.

고속 대용량 센서리스화를 실현함으로써 산업용 고속 스핀들용 브러시리스 직류 모터의 환경적인 요소의 제약을 줄일 수 있고, 기구적인 설계 제약을 줄일 수 있다.

#### 후 기

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업 (RTI04-01-03) 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. Kenjo, T. and Nagamori, S., "Permanent Magnet and Brushless DC Motors," Sogo Electronics Publishing Company, 1985.
2. Sul, S. K., "Motor control theory," Hongneung Science Publishing Company, 2005.
3. Moreira, J. C. "Indirect Sensing for Rotor flux position of permanent magnet ac motors operating in a wide speed range," Conference record of IEEE IAS Annual Meeting, pp. 401-407, 1994.
4. Rahman, M. A. "Modern Electric Motors in Electronic World," Proc. of IEEE IECON, pp. 644-648, 1993.
5. Ogasawara, S. and Akagi, H. "An Approach to Position Sensorless Drive for Brushless DC Motor," Conf. Rec. of IEEE IAS, pp. 443-447, 1990.