

# 전동식 컴프레서 브러시리스 직류 전동기용 센서리스 드라이브 개발에 관한 연구

조정훈, 박성준  
전남대학교 전기공학과

## A study on the Development of Sensorless Driver for Electric Compressor Brushless DC Motor

Jung-Hun Cho, Sung-Jun Park  
CHONNAM NATIONAL UNIVERSITY Department of Electrical Engineering

### ABSTRACT

In this paper, In the whole industry, there is a tendency to replace brushless motors with brushless motors because of the high rate of failure in DC motors with brushes. Accordingly, many methods for driving a brushless motor have been developed and studied. In order to drive the brushless motor, it is essential to know the information about the rotor position of the motor. However, it is not possible to use a position sensor for rotor disconnection due to the structure of an electric compressor brushless DC motor. In this paper, we investigate the rotor position of the motor by using the counter electromotive force included in the voltage of the terminal made by Y connection by using the resistance of each phase without using Hall sensor or encoder generally used to detect the rotor position. A sensorless drive system for a square wave brushless direct current (DC) motor is proposed. To do this, we propose a method to detect the rotor position from the analyzed terminal voltage waveform by performing terminal voltage analysis of each phase for 3-phase, 2-exciton unipolar PWM

### 1. 서론

브러시리스 직류 전동기(BLDC Motor)는 넓은 속도 범위에 대하여 높은 효율을 유지하고 제어가 용이하여 가변속 운전이 요구되는 응용 개소에 최적의 전동기로 각광받고 있다. BLDC 전동기를 구동하려면 회전자 위치에 동기된 고정자 전류를 인가해야 하므로 위치센서가 요구된다. 이를 위해 엔코더나 홀센서와 같은 위치 검출용 센서가 사용된다. 그러나 이러한 회전자 위치 검출용 센서의 부착은 전동기의 부피를 증가시키고, 전동기의 사용 환경에 제약을 가져오며, 전동기 드라이브 시스템의 가격 경쟁력을 저하시키는 요인이 된다. 따라서 최근에는 구형과 브러시리스 직류전동기에 대한 센서리스 드라이브 시스템의 개발을 위한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 본 논문에서는 구형과 브러시리스 직류전동기의 센서리스 드라이브를 위한 새로운 회전자 위치 검출 방식을 제안하고, 이를 전동식 컴프레서 직류전동기와 같이 일정 부하 및 일정 속도가 요구되는 응용 분야에 적용하기 위한 센서리스 드라이브 시스템의 개발에 대한 연구를 수행하였다<sup>[1]</sup>

### 2. 본론

#### 2.1 브러시리스 직류 전동기용 센서리스 드라이브

그림 1은 일반적인 브러시리스 직류 전동기의 드라이브 시스템을 나타내고 있다. 각 상의 역기전력이 평정한 구간에서 일정한 크기의 전류를 흘려주기 위해서는 위치 센서를 사용하여 회전자의 위치를 검출하고 전기각으로 60°마다 상전류의 전환을 수행한다. 본 논문에서는 3상 중 2개의 상만을 통전시키는 구형과 센서리스 방식으로 전동기를 구동하였으며, 특히 여자 되어있는 두 개의 상중에서 새롭게 여자 된 상에 대하여 유니폴라 선단부 PWM 방식을 채택하였다.

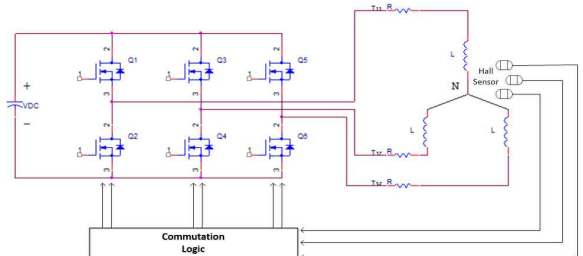


그림 1 구형과 브러시리스 직류 전동기용 드라이브 시스템 구성도

다음에 보인 표 1은 유니폴라 선단부 PWM 방식을 적용하여 2상 제어 구형과 브러시리스 직류 전동기를 구동하는 경우, 전전기각으로 매 60° 구간에서 여자, 비여자상과 상전류의 경로 및 인버터의 MOSFET 스위치와 다이오드의 상태를 나타낸다. 유니폴라 PWM 방식은 바이폴라 PWM 방식에 비해 스위칭 손실율을 적어 전류 리플이 작고 데드타임이 짧아 모터의 제어기 및 모터의 효율이 좋다는 장점이 있다.

표 2 유니폴라 선단부 PWM 6 Step Switching 상태

	Conduction Path	Active Phase	PWM	ON
M1		W->V	Q4	Q5

M2		W->U	Q5	Q2
M3		V->U	Q2	Q3
M4		V->W	Q3	Q2
M5		U->W	Q6	Q1
M6		U->V	Q1	Q4
M1		W->V	Q5	Q4

## 2.2 센서리스 드라이브 시스템의 구현

본 논문에서 제작한 센서리스 드라이브 시스템은 브러시리스 직류 전동기를 위치 센서 없이 구동함과 동시에 속도 제어를 수행하기 위한 것으로, 실용화를 최대 목표로 개발하였다. 이를 위해 상용화가 가능한 르네사스사의 RL78/F14 16bit MCU를 사용하였고, 제한한 회전자 위치 간접검출 방식을 적용하여 하드웨어적으로 직접 상전류의 전환 시점을 찾아냄으로써, 프로세서의 소프트웨어적인 부담을 줄일 수 있는 회전자 위치 간접 검출 회로를 개발하였다. 또한 전체 시스템을 완전 디지털화 함으로서 브러시리스 직류 전동기 구동 시스템의 제어성을 향상시켰다. 그림 2에 본 논문에서 개발한 구형과 브러시리스 직류 전동기용 센서리스 드라이브 시스템을 나타내었으며, 그림 3에는 제한한 회전자 위치 간접 검출 방식을 적용한 회전자 위치 간접 검출 회로를 나타내었다. 그림 4에는 제작된 센서리스 드라이브 사진 및 전체 시스템 구성 사진이며, 전동식 컴프레서를 제안한 회전자 위치 간접 검출 방식을 적용하고 유니폴라 선단부 PWM 방식으로 구동하였다.

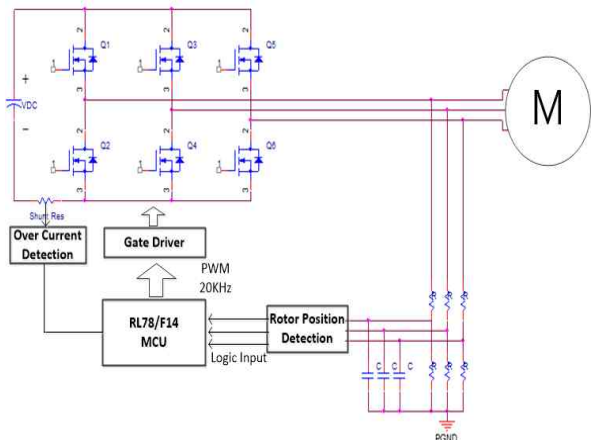


그림 2 전동식 압축기 센서리스 드라이브 시스템 구성도

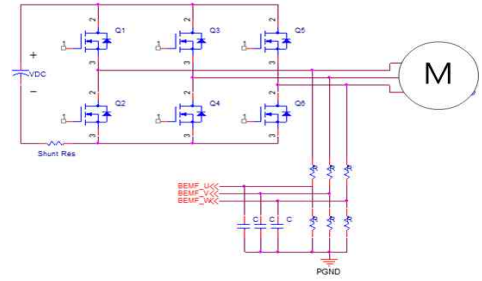


그림 3 회전자 위치 검출 회로

표 2 전동식 컴프레서 사양

정격 속도	3300 RPM
극 수	9 Slot 6 Pole
정격 전압	24VDC
선간 저항	22 mOhm

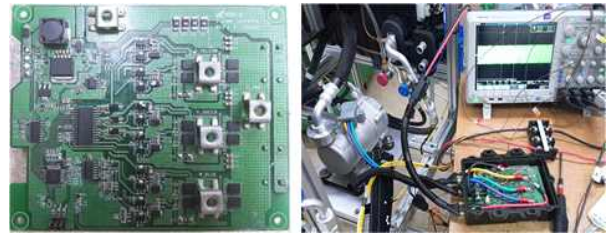


그림 4 적용된 센서리스 드라이브 및 시스템 구성 사진

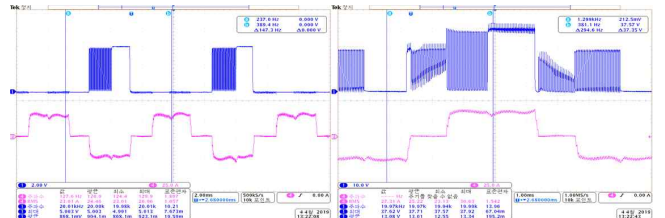


그림 5 선단부 PWM, U상 MOSFET, 상전류 Switching 파형

## 3. 결론

본 논문에서는 브러시리스 직류 전동기의 구형과 센서리스 드라이브의 개발에 관한 것으로, 실용적인 드라이브의 개발을 위하여 전동기의 단자 전압 특성을 분석하고, 이를 이용하여 회전자 위치를 실시간으로 간접 검출하는 방법을 제안하였다. 또한 제한한 회전자 위치 간접 검출 방식을 적용한 센서리스 드라이브를 구현하였으며, 일정 부하 일정 속도를 요구하는 전동식 컴프레서를 대상으로 개발된 구형과 브러시리스 직류 전동기에 대한 실험을 통하여 제안한 브러시리스 직류 전동기용 센서리스 운전 기법의 타당성과 실용성을 입증하였다.

## 참고 문헌

- [1] Sensorless 120 degree conducting control of permanent magnetic synchronous motor RENESAS Company, Inc R01AN1660EJ0100 pp. 1-51, 2013.