

한 상의 단자전압을 이용한 브러시리스 전동기의 센서리스 속도제어

박상훈, 이승준*, 윤용호, 이병국, 원충연
성균관대학교, 삼성전자*

Sensorless Speed Control of Brushless DC Motor using One Phase Terminal Voltage

Sang-Hoon Park, Seung-Jun Lee*, Yong-Ho Yoon, Byoung-Kuk Lee, Chung-Yuen Won
Sungkyunkwan University, Samsung Electronics Co., Ltd.*

ABSTRACT

This paper presents a sensorless speed control of Brushless DC motor using terminal voltage of one phase. Rotor position information is extracted by indirectly sensing the Back-EMF from only one of the three terminal voltages for a three phase BLDC motor. This is a advantage for the cost saving and size reduction. Also, it can be substituted for conventional Hall-IC or encoder applied to position control.

1. 서 론

브러시리스 직류 전동기는 회전자의 위치를 판별하기위해 홀센서나 엔코더와 같은 검출 센서가 필수적이다.^{[1][2]} 하지만 이들 센서의 부착은 시스템의 가격상승, 부피의 증가, 사용 환경의 제약 등의 문제점이 있다. 이에 따라 회전자 위치 검출용 센서 없이 브러시리스 직류 전동기를 구동하는 센서리스 구동 개발을 연구하게 되었다. 본 논문에서는 한 상의 단자전압 성분만을 검출하여 회전자의 위치를 판별하는 방법을 제안하고 제안된 방법은 실험을 통해 그 타당성을 검증하였다.

2. 제안한 홀센서 신호 검출에 의한 센서리스 구동 방법

2.1 제안한 방법에 의한 센서리스 구동

그림 1은 제안한 한 상의 단자전압을 이용한 전동기 제어 시스템의 전체 블록도이다.

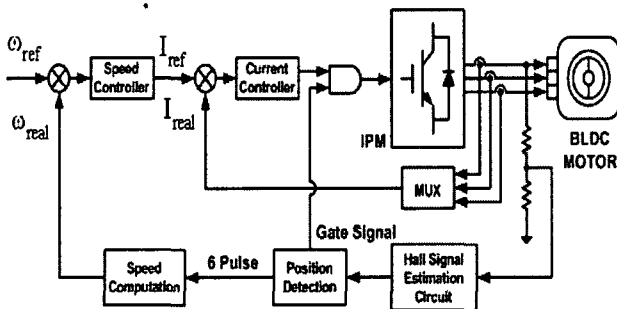


그림 1 BLDC 전동기 제어 블록도
Fig. 1 Control block diagram of BLDC motor

그림 1에서 A상의 단자전압으로부터 A상의 홀센서 신호를 검출하고 검출된 신호는 로직을 통해 홀센서 신호와 동일한 신호를 만들고 저가형 센서리스 알고리즘을 이용하여 BLDC 전동기를 제어하는 전체 블록도이다.

2.2 단자전압과 홀센서의 관계

단자 전압과 홀센서 신호의 관계는 그림 2와 같이 나타낼 수 있다. 홀센서 신호에 의해 회전자 위치 정보를 검출하여 역기 전력의 평탄한 부분에 상을 여자 시켜줌으로서 구형과 브러시리스 직류 전동기를 구동할 수 있다.

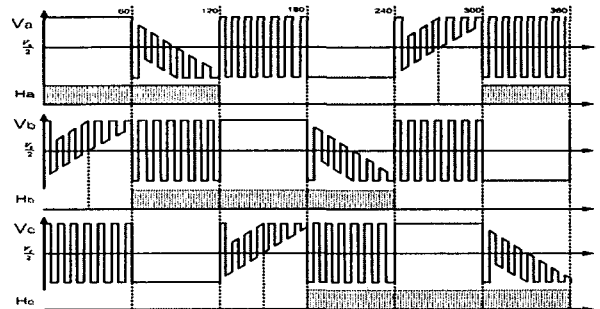


그림 2 BLDC 전동기의 단자전압과 홀센서 신호
Fig. 2 Terminal voltage and Hall sensor signal of BLDC motor

2.3 A상 단자전압을 이용한 A상 홀센서 신호 검출

이 알고리즘은 그림 2와 같이 A상의 단자 전압을 액티브 필터를 통해 90° 진상 된 정현파를 생성하고^[3] 이 파형을 적분회로를 통해 다시 90° 지상 된 정현파를 생성한다. 생성된 파형은 영전압 검출회로(ZCP)를 통해 A상의 홀센서 신호를 간접 검출할 수 있다.^[4]

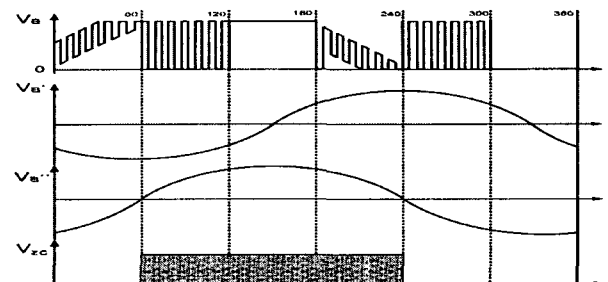


그림 3 A상 홀센서 신호 검출 알고리즘
Fig. 3 Detection algorithm of A-phase Hall sensor signal

2.4 정류신호 발생 및 홀센서 신호 발생 알고리즘

A상의 홀센서 신호는 PLL을 통해 6체배되고 이 신호는 이진카운터를 통해 정류신호를 생성한다. 생성된 정류신호는 존슨카운터를 통해 3상의 홀센서 신호를 생성한다. 그림 4는 3상의 홀센서 신호발생 알고리즘을 나타낸 그림이다.

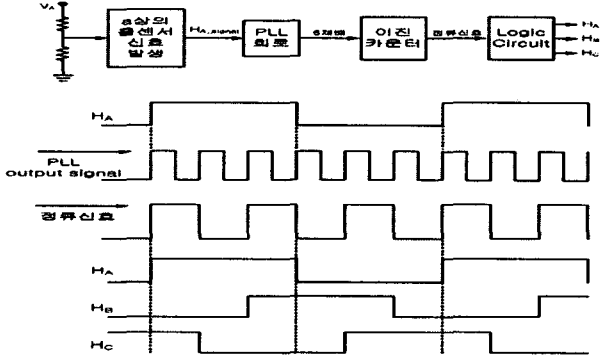


그림 4 홀센서 신호발생 알고리즘 블록도 및 신호파형
Fig. 4 Generation block diagram and waveform of Hall sensor signal

3. 시뮬레이션

그림 5는 A상의 단자전압을 이용하여 A상의 홀센서 신호를 추정하는 시뮬레이션 파형이다. (1)은 A상의 단자전압파형이고, (2)는 액티브 필터를 통과한 파형이고, (3)은 적분회로를 통과한 파형이고 (4)는 영전압검출회로(ZCP)를 통과한 A상의 홀센서 추정파형이다.

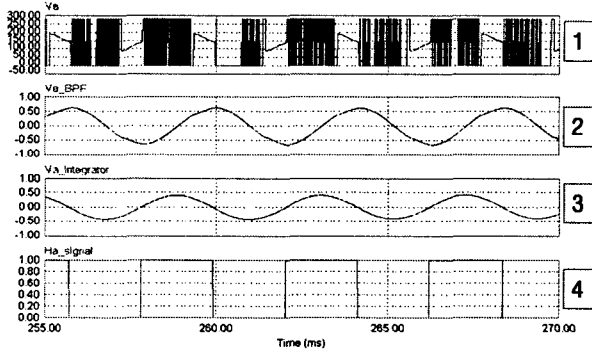


그림 5 A상 홀센서 신호 검출 시뮬레이션 파형
Fig. 5 Simulation signal detection waveform of A-phase Hall sensor

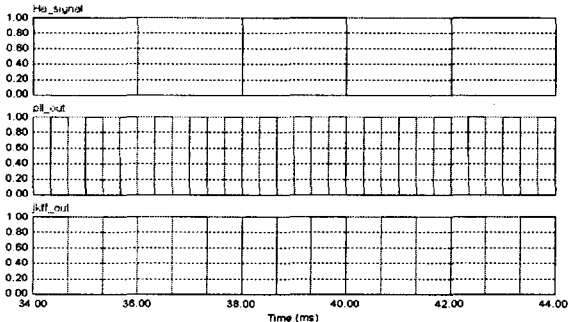


그림 6 PLL회로를 이용한 6체배 신호와 이진카운터를 이용한 정류신호 시뮬레이션 파형
Fig. 6 6-multiple signal using PLL and commutation signal using binary counter

그림 6은 단자 전압을 이용하여 추정된 A상의 홀센서 신호를 PLL 회로의 입력으로 사용하여 6체배 된 신호와 이진카운터를 이용하여 정류신호를 만든 시뮬레이션 파형이다.

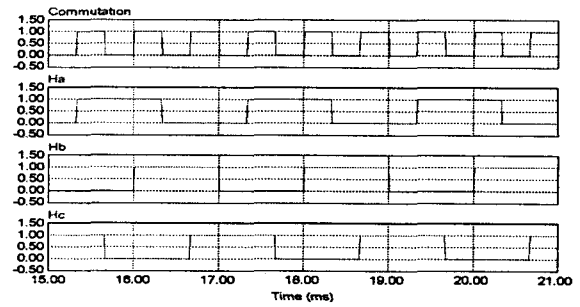


그림 7 존슨카운터를 이용한 각 상의 홀센서 신호 생성
Fig. 7 Each phase Hall sensor signals using johnson counter

그림 7은 6체배 신호를 이용하여 이진카운터와 존슨카운터를 통해 3상의 홀센서 신호를 생성한 시뮬레이션 파형이다.

4. 실험결과

그림 8은 A상의 단자전압을 이용하여 A상의 홀센서 신호를 추정하는 결과파형이다. 그림 5의 시뮬레이션 결과와 동일한 결과 파형이 나온 것을 알 수 있다.

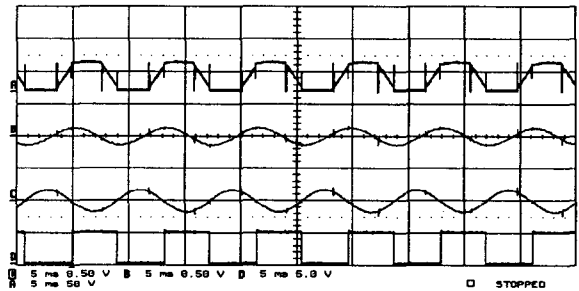


그림 8 A상 홀센서 신호 검출 실험파형
Fig. 8 Experimental signal detection waveform of A-phase Hall sensor

그림 9는 PLL 회로를 이용한 6체배 신호파형으로 추정된 홀센서 신호를 이용하여 나온 결과파형이다. 그림 6의 시뮬레이션 파형과 동일하게 6체배 된 신호가 나온 것을 알 수 있다.

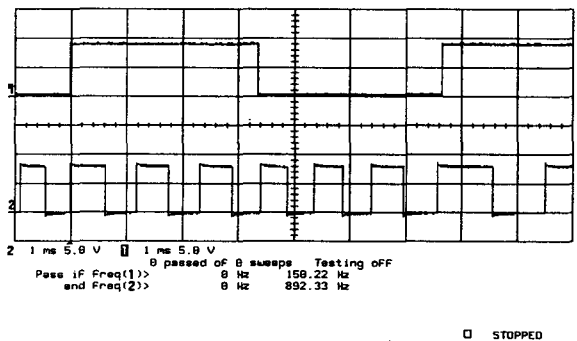


그림 9 PLL회로를 이용한 6체배 신호 실험 파형
Fig. 9 Experimental 6-multiple signal using PLL circuit

5. 결 론

그림 10은 6채배 한 신호를 이진카운터를 통해 정류신호를 만들고 정류신호를 입력으로 3상의 홀센서 신호를 추정한 결과 파형이다. (1)은 정류신호파형이고, (2)는 A상 홀센서 신호파형이고, (3)은 B상 홀센서 신호파형이고, (4)는 C상 홀센서 신호파형이다.

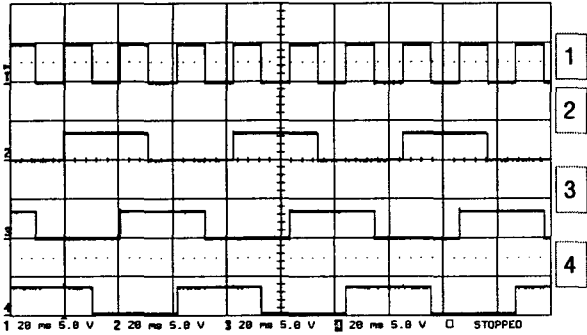


그림 10 존슨카운터를 이용한 각 상의 홀센서 신호 생성
Fig. 10 Each phase Hall sensor signals using johnson counter

그림 11은 추정한 홀센서 신호와 실제 전동기에 부착된 홀센서 신호를 비교한 결과파형이다. (1)은 A상의 상전류파형이고, (2)는 추정한 A상의 홀센서 신호파형이고 (3)은 실제 A상의 홀센서 신호파형이다.

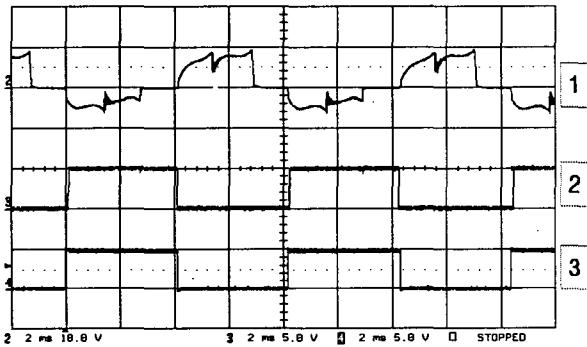


그림 11 추정한 홀센서 신호와 실제 홀센서 신호파형 비교
Fig. 11 Comparison of estimation and practical Hall sensor waveform

그림 12는 제안한 방법에 의해 센서리스 운전 시 각 상의 전류파형을 나타낸 그림이다. 25000rpm으로 센서리스 운전 시 각 상의 전류파형으로 (1)은 A상 전류파형이고, (2)는 B상 전류파형이고, (3)은 C상 전류파형이다.

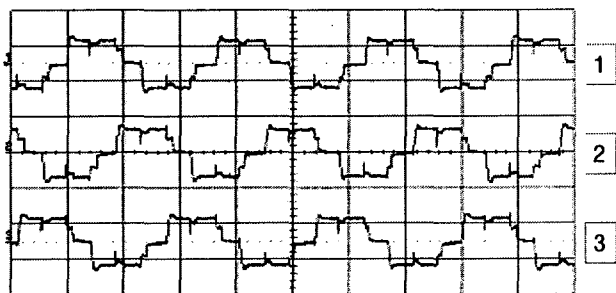


그림 12 각 상전류 파형(25000rpm, 2A/div, 1ms/div)
Fig. 12 Each phase current

본 논문은 브러시리스 직류 전동기의 저가형 센서리스 구동을 구현하기 위한 것으로, A상의 단자전압을 분석하여 각 상의 여자시점을 검출하는 방법을 제안하였다. 간단한 아날로그 회로를 추가함으로써 3상 브러시리스 직류 전동기의 각 상 홀센서 신호를 대신하는 신호를 검출하였고 실험을 통해 제안한 센서리스 기법^[6]의 타당성을 입증하였다. 본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 기존의 위치 및 속도 제어를 위해 필요했던 홀센서와 엔코더를 대신하여 전체적인 구동 시스템의 가격을 낮출 수 있는 구동 시스템을 개발하였다.^[7]
2. 센서리스 운전을 위해 홀센서 신호와 동일한 신호를 검출하여 회전자 위치를 파악할 수 있는 간접검출기법을 사용하였다.

이 논문은 에너지관리공단 (2005-E202-P-01-0-000-2005)의 에너지 자원기술개발사업 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] TJE Miller, "Design of Brushless Permanent-Magnet Motors", Clarendon Press. Oxford, 1994.
- [2] Takashi Kenjo, D. Eng, "Permanent Magnet and Brushless DC Motor", Sogo Electronics Publishing Company, 1984.
- [3] S. Bolognani and M.Zigliotto, "Parameter Sensitivity of the Kalman Filter Applied to a Sensorless Synchronous Motor Drive", EPE Conf. Rec. vol 3. pp.375-380. 1995.
- [4] J.C. Moreira, "Indirect Sensing for Rotor Flux Position of Permanent Magnet AC Motors Operation in a Wide Speed Range", Conf. Rec. of 1994 IEEE IAS, pp. 401-407, 1994.
- [5] N. Matsui and M. Shigyo, "Brushless DC Motor Control without Position and Speed Sensors", IEEE Trans. on Ind, Application. vol 28, pp.120-127, Jan./Feb. 1992.
- [6] 안병호, "전기자동차용 브러시리스 직류전동기용 센서리스 드라이브 개발에 관한 연구", 석사학위논문, 고려대학교, 1998.
- [7] 김선욱, "퍼지제어기를 이용한 브러시리스 직류전동기의 속도제어에 관한 연구", 성균관대학교, 석사학위논문, 1996.