

단상 BLDC 모터를 이용한 저가형 팬모터 드라이버 설계

김창환*, 신덕식*, 이상택*, 김대경*, 이광운**,
전자부품연구원*, 목포해양대학교**

A low cost type fan motor driver design using the single phase BLDCM

Chang-Hwan Kim*, Duck-Shick Sin*, Sang-Taek Lee*, Dae-Kyong Kim*, Kwang-Woon Lee**
Korea Electronics Technology Institute*, Mokpo National Maritime Univ**

ABSTRACT

본 논문에서는 24V급 저가형 팬 모터 드라이버를 설계하기 위해 단상 인버터 회로를 제시 하였고, 제시한 회로의 동작특성 확인을 위해 단상 BLDC 모터의 모델링 및 회로설계를 PSIM 시뮬레이션 툴을 통해 수행 하였다. 제시한 회로가 저가격으로 구현 가능함을 검토하였고 실제 적용 가능함을 확인하였다.

1. 서 론

팬 모터는 산업, 공조, 자동차, 가전제품 등에 폭 넓게 사용되고 있으므로 큰 시장규모를 형성하고 있고, 팬 모터의 성능 및 품질이 시스템의 성능을 좌우하거나 전력소모에 많은 영향을 미친다.

국가적으로 에너지절약의 필요성이 높아짐에 따라 에너지사용량이 매우 많고 효율 향상 시 에너지절감 효과가 크게 기대되는 산업기계로 팬 모터 시스템의 고 효율화 및 쾌적한 사용환경 구축을 위한 기술개발이 많이 이루어지고 있다.

팬 모터용으로 주로 사용되어진 기존 AC 단상 유도기는 낮은 효율, 큰 소음, 정압이 클 경우 회전속도 감소 등의 문제점을 가진다. 이러한 단점을 개선하기 위해 팬 모터용 전동기를 AC 단상유도기에서 BLDC 전동기로 전환하는 추세이며 BLDC 전동기를 적용한 환풍 시스템이 상품화되어 판매 중 에 있다.^{[1][2]} 현재 BLDC의 경우 AC전동기에 비해 고가의 가격을 가지므로 특별히 고효율이 요구되는 분야에만 적용이 되고 있는 실정이다.

본 논문에서는 고효율과 저소음도 중요하지만 가격 하락이라는 부분을 가장 중요시 하여 가격 상승의 가장 큰 요인이 되는 3상 BLDC 전동기의 구동 드라이버 부분을 저가형으로 실현하기 위해 단상 BLDC 전동기를 이용한 24V급 저가형 드라이버 회로를 제시하고 PSIM 시뮬레이션을 통해 회로의 타당성을 검토 하였다.

2. 단상 BLDC 드라이버 설계

2.1 BLDC 모터 드라이버 회로

단상 BLDC 전동기는 3상 BLDC전동기 보다 단가 절감 면에서 유리하다. 홀센서의 개수 감소, 스위칭 소자의 개수 감소,

부품의 개수 감소로 드라이버의 크기 축소 등 여러 측면에서 가격 하락의 효과를 볼 수 있다.

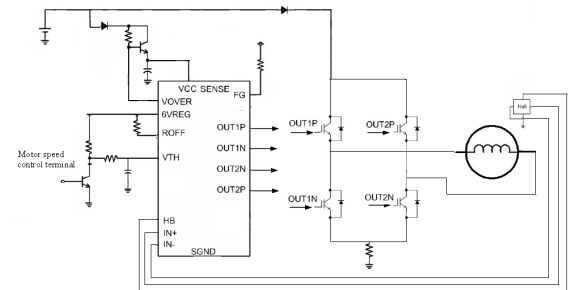


그림 1 단상 BLDC 팬 모터 드라이버 회로
Fig. 1 Driver circuit of Single Phase BLDC Fan Motor

그림 1은 본 논문에서 제시하는 저가형 단상 BLDC 팬 모터 드라이버 회로이다. 이 회로는 24V 전압을 이용하여 모터 권선에 전압을 여자하기 위한 단상 인버터, TR을 이용한 IC구동용 VCC전압을 만들기 위한 전원회로부, 회전자 위치 검출을 위한 홀센서부. Controller IC의 VTH 단자에 있는 TR에 PWM지령을 입력하여 LPF를 거쳐 DC레벨로 입력지령을 넣는 방식으로 회로부를 구성 하였다.

2.2 BLDC 모터 드라이버 모델링

PSIM 에서는 단상 BLDC의 모델을 지원 하지 않으므로 식 (1), (2), (3)을 이용하여 모델링을 수행 하였다. 그림 2(a)는 단상 BLDC 모터를 구동하기 위한 단상 풀 브리지 인버터 회로부 이다. 그림 2(b)는 단상 BLDC 전동기의 기계적 시스템을 모델링한 제어 블록이다.^[4]

$$V_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + e_a \quad (1)$$

$$T_e = J \frac{dw_m}{dt} + Bw_m + T_L \quad (2)$$

$$\frac{W_m}{V_a} = \frac{\frac{K}{JL_a}}{S^2 + \left(\frac{R_a}{L_a} + \frac{B}{J}\right)s + \left(\frac{R_a B}{L_a J} + \frac{K^2}{JL_a}\right)} \quad (3)$$

V_a: 전기자회로 전압, R_a: 전기자권선저항, L_a: 전기자권선인덕턴스
E_a: 유기기전력, T_e: 토크, J=관성모멘트, B=미찰계수, W_m=각속도 K=토크상수, 역기전력상수

그림 2(c)는 인버터 회로부와 속도제어기를 포함한 전체 모터 제어기의 제어 블록을 나타낸다. 그림 2(b)의 회로에 홀센서를 구현하기 위해 Resettable integrator를 이용하여 각속도 W_m 을 적분하여 $\Theta[\text{rad}]$ 신호로 바꾼 후 비교기에 $2\pi[\text{rad}]$ 와 비교하여 $2\pi[\text{rad}]$ 를 넘어갔을 때 적분기를 0으로 리셋 시켜 회전을 표현 하였고, 다시 Θ 를 $\pi[\text{rad}]$ 와 비교하여 역기전력의 발생 방향을 결정하는 알고리즘을 만들어 홀센서를 구현 하였다.

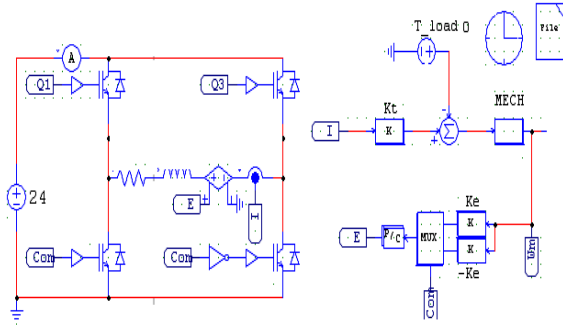


그림 2 (a) 단상 풀브리지 인버터회로 (b) 모터 및 기계 모델링
Fig. 2(a) Single Phase Full Bridge Inverter circuit (b) Motor and machine Modeling

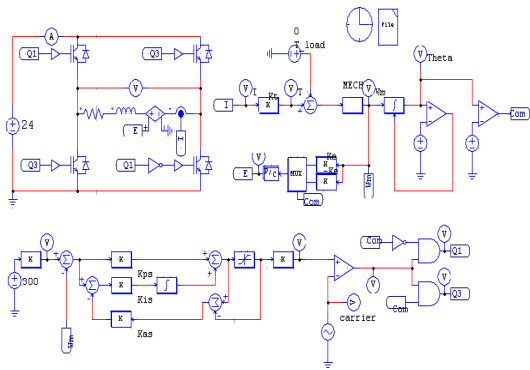


그림 2 (c) 단상 BLDC 모터 드라이버 제어기 모델링
Fig. 2(c) Controller Modeling of Single Phase BLDCM Driver

제어기는 속도제어기로 구성하였고 PI 제어기를 사용하였다. 제어기의 상수 값 제어이득, 차단주파수는 식(4)에 의해 결정하였다.^{[3][4]}

$$F_s = 10\text{kHz}, \quad F_{cc} = \frac{F_p}{10}, \quad F_{cs} = \frac{F_{cc}}{5}$$

$$W_{cs} = 2 \times \pi \times F_{cs} \quad (4)$$

$$K_{ps} = \frac{J \times W_{cs}}{K_t}, \quad K_{is} = \frac{K_{ps} \times W_{cs}}{5}, \quad K_{as} = \frac{1}{K_{ps}}$$

F_s =스위칭주파수, F_{cc} =전류제어주파수, F_{cs} =속도제어주파수, W_{cs} =속도제어기대역폭, K_{ps} =비례이득, K_{is} =적분이득, K_{as} =AntiWindup제어기이득

2.3 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 제안한 저가형 팬 모터 드라이버 회로를 시뮬레이션 툴인 PSIM으로 모델링을 하였고, PI제어기에 의해 시뮬레이션을 수행했다.

그림 3은 단상 BLDC 팬 모터 드라이버를 시뮬레이션한 결과 파형이다. 입력지령은 W_{ref} 이고, 출력 속도는 W_m 이다. 시뮬레이션을 수행한 결과 지령속도 대비 운전속도가 잘 추종됨을 확인하였다.

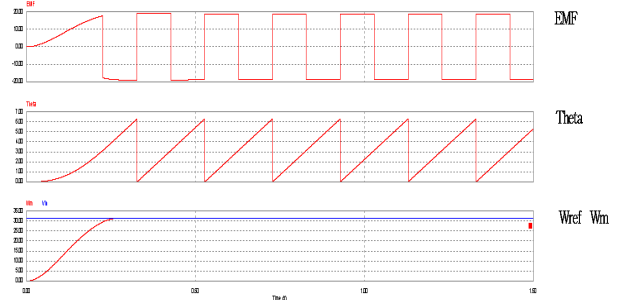


그림 3 PSIM을 이용한 단상 BLDC 모터 드라이버 시뮬레이션
Fig. 3 Simulation of Single Phase BLDCM Driver using PSIM

3. 결론

본 논문에서 제안한 단상 BLDC 팬 모터 드라이버 회로는 단상으로 인한 크기 축소화, 스위치의 개수 감소, 홀센서의 감소로 저가격화를 제안 하였고, 제안한 회로의 PSIM 시뮬레이션 툴을 이용하여 모델링 하고 시뮬레이션을 수행 하였다.

단상제어기의 모델링 및 제어동작이 가능함을 확인하였고 본 논문에서 제안한 단상 BLDC 팬 모터 드라이브 회로를 통해 저가격화를 이룰 수 있음을 확인하였다. 향후 실 제작을 통해 성능을 최종검증하고 개발품의 양산성을 고려하여 저가형의 단상 BLDC 모터 및 제어기의 개발을 완료할 예정이다.

이 논문은 산학연 공동기술개발사업의 “저가형 Fan 구동용 저소음 단상 BLDC 전동기 개발” 과제의 지원으로 연구되었음.

참고 문헌

- [1] Z. Q. Zhu 외 2명, “CONTROL OF SINGLE - PHASB PERMANENT MAGNET BRUSHLESS DC DRIVES FOR HIGH-SPEED“ Conference Publication No.475 IEE200, 2000
- [2] Nam-Hun Kim 외 4명, “BLDC Motor Control Algorithm for Low Cost Industrial Applications”, 전력전자학회 논문집, 2006
- [3] 이광운, “PSIM을 이용한 BLDC 전동기 제어 시뮬레이션”, 전력전자학회, 전력전자학회지, 제13권 제6호 2008.12, pp.29~32(4pages)
- [4] 김상훈, “DC, AC, BLDC 모터 제어”, 복두출판사, 2010