

드라이브 내장형 소형 BLDC 모터의 설계와 구현

최준혁, 이종배, 류세현, 정종기, 성하경
전자부품연구원

Design and Implementation of integrated drive circuit for a small BLDC Motor

J.H. Choi, J.B. Lee, S.H. Rhyu, J.K. Chung, H.G. Sung
Korea Electronics Technology Institute

Abstract

Among low power servo applications, classical DC motors are very popular because they are reasonably cheap and easy to control. The main disadvantage is the mechanical collector which has only a limited life period. Also, brush sparking can destroy the rotor coil, generate EMC problems.

So permanent magnet brushless dc motors and drives are being used increasingly in a wide range of applications. This has been made possible with the advantages of high performance permanent magnets with high coercively and residual magnetic, which make it possible for the PM to have superior power density, torque to inertia ratio and efficiency, when compared to an induction or conventional dc machine.

This paper presents the design of a PM brushless dc motor drive simplistically operates as a classical dc motor. The BLDC motor drive system for this paper composes to the power integrated circuits, the one chip device. And several simple semiconductors add to drive system for a motor drive system simplistically operates as a conventional dc motor.

Test results confirmed the feasibility of the proposed motor drive system design.

1. 서 론

최근 FA, OA 및 컴퓨터 주변기기 등의 산업화 동향은 소형모터의 활용이 증가하는 추세이며, 그 중 브러시리스 전동기(Brushless motor)는 토크 및 속도제어의 용이성, 무브러시화로 인한 저소음, 고신뢰성, 긴 수명 등의 장점으로 인하여 과거 브러시형의 DC모터를 사용하는 제품에 브러시가 없는 BLDC모터가 대체되고 있다.

한편, 브러시리스 직류전동기는 종래의 직류전동기의 기계적인 정류자 및 브러시에 의한 전환 방식을 반도체 소자에 의한 전자식 전환 방식으로 대체한 전동기로서, 구동을 위하여 구동회로가 반드시 필요한데 브러시형 DC모터에 비하여 별도의 구동회로가 부가됨으로써 공간을 더 차지하는 단점을 가지게 되는데 최근에는 이러한 구동회로를 모터에 내장시키는 형태의 제품이 출시됨으로써 단점을 보완하고 있다. 그러나 이러한 제품은 일반적으로 외부단자가 기존 브러시형 DC모터와는 달리 전원 단자 및 방향전환 제어단자 등이 있어 BLDC 모터로 교체시 Pin-To-Pin이 불가능하게 된다.

본 논문에서는 드라이브 내장형 소형 고출력 BLDC모터를 설계하고 드라이브단에 간단한 부가회로를 추가함으로써 기존의 브러시형 DC모터와 유

사하게 전원단자만 유출되어 있어 시스템의 교체가 필요없이 간단히 모터만 Pin-To-Pin으로 교체할 수 있도록 연구하였다.[1]-[3].

2. 본 론

2.1 소형 BLDC 모터 설계 및 제작

본 논문에서는 소형, 고출력의 BLDC 모터를 설계하고 자 수치해석 기법의 일환인 2차원 유한요소법을 이용하였다. 해석대상 모델을 2차원 유한요소 해석하기 위한 지배방정식은 식(1)과 같다.

$$\frac{1}{\mu} \left(\frac{\partial^2 A_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A_z}{\partial y^2} \right) = -J - \frac{1}{\mu_r} \left(\frac{\partial M_\alpha}{\partial x} - \frac{\partial M_\alpha}{\partial y} \right) \quad (1)$$

여기서, A 는 자기벡터포텐셜을 나타내며, J 는 권선의 전류밀도를 나타낸다. 해석대상 모델이 z 축 방향으로 무한하다고 가정하면, A 와 J 는 z 축 방향으로만 존재하게 된다. 또한, M_α 은 잔류자화량을 나타낸다.

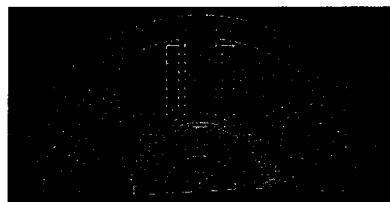


그림 2-1. 요소 분할도



그림 2-2. 자속선도

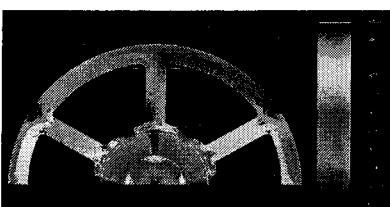


그림 2-3. 자속 밀도 분포도

그림 2-4와 2-5는 2차원 유한요소법에 의해 나온 개발 모터의 특성을 시뮬레이션 한 것이다.

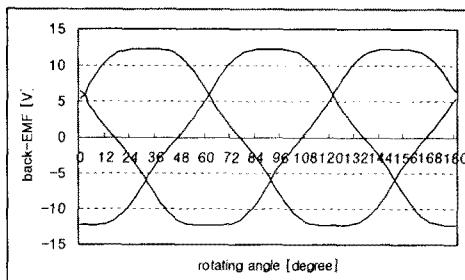


그림 2-4. 상당 역기전력 파형

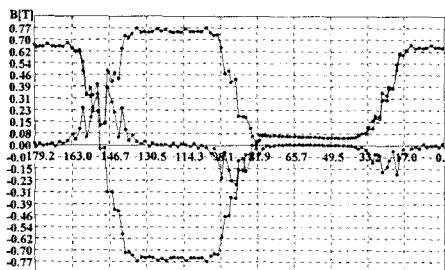


그림 2-5. 고정자 유크의 자속밀도 파형

표 1은 설계된 모터의 설계제원에 대하여 나타낸 것이다.

표 1. Design Spec of BLDC motor

구분	단위	제원
크기	mm	30×48
적층폭	mm	20
권선경	mm	0.41
공극	mm	0.35
상당 권선수	turns	100
슬롯수	slots	6
극수	poles	4
마그네트	Nd	Br=0.62T
종류	Bonded	(2.5mm)
출력밀도	mW/g	162.6
정격출력	W	20
정격전압	V	24
무부하회전수	RPM	11000

2.2 소형 BLDC 모터 구동부와 부가회로

2.2.1 구동드라이브 설계

브러시리스 모터를 구성하기 위해서는 로터부, 스테이터부 및 구동회로부를 필요로 하지만 모터부와 회로부가 분리하고 있는 경우 사용상 제약이 많이 따르게 된다. 그래서, 비교적 소전력의 모터는 회로내장형을 많이 사용되어진다.

최근에는 BLDC 모터의 수요가 증가되면서 많은 전용 IC가 출시되고 있으며 목적 및 가격에 맞는 적당한 칩을 선정하여 사용하면 된다.

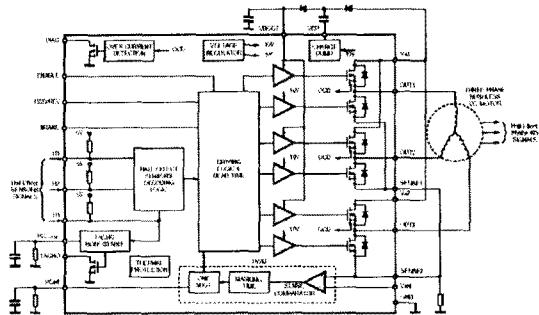
본 논문에서는 소형 BLDC 모터를 구동시키기 위하여 파워부를 내장하고 있는 STMicroelectronics사의 3상 브러시리스 DC모터 전용칩인 L6235D를 사용하여 드라이브를 설계하였다.

이 IC의 패키지 내에는 파워드라이브 회로, 서멀 쇼트

다운회로, 정역전 회로, 전류(轉流)제어회로, 브레이크 기능 등이 각각 내장되어 있어 매우 사용하기 쉬운 IC이다.

기본 동작으로는 흘 IC의 위상 출력을 전용 IC로 받아 그 신호에 의해 3상의 여자패턴을 발생하며 그 출력으로 파워부를 적당히 드라이브하는 과정을 통해 모터를 구동시킨다.

그림 2-6은 본 논문에 사용되어진 소형 BLDC 모터 전용 IC인 L6235D의 블럭도이다.[4].



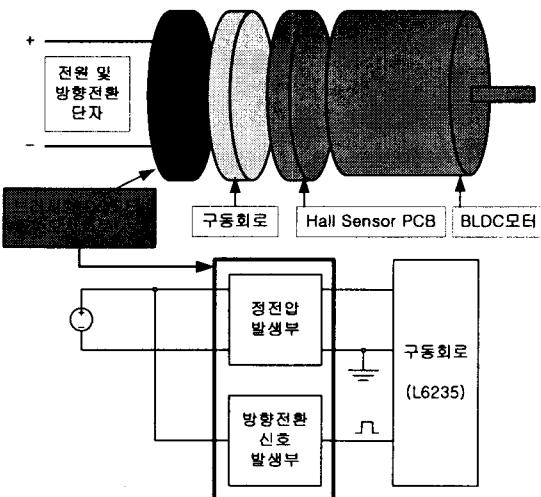


그림 2-9. 제안한 회로내장형 BLDC모터

2.2.3 실험결과

본 논문에서 제안한 드라이브 내장형 소형 BLDC모터의 특성을 아래와 같이 도출하였다.

그림 2-10은 제안한 브러시형 DC모터 모사회로의 각부 파형으로서 A는 입력전원으로 모사회로 전단부의 파형을 나타내고 있으며, B는 모사회로 후단부의 파형이다. 약간의 전압강하를 나타나는 것은 모사회로에 사용되어진 다이오드의 순방향 전압강하분으로 판단된다.

또한, 파형 C는 그때의 방향전환신호로서 입력전원이 정전원이 투입되었을 때 High로 신호를 발생시킴으로써 모터는 정방향으로 회전하게 된다.

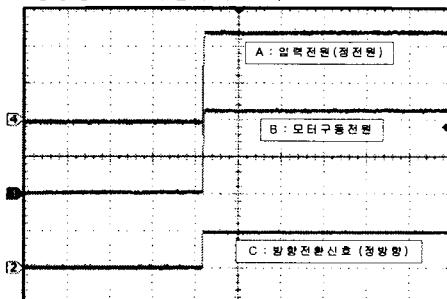


그림 2-10. 정전압 인가시 각부 파형

그림 2-11은 부전압 인가시 각부 파형으로 입력전원이 부전압이 인가되었지만 모터에 인가되는 모터구동전원은 정전압으로 나타남을 B를 통해 알 수 있으며, 그때의 방향전환호는 LOW로 신호를 발생시킴으로써 모터는 역방향으로 회전하게 된다.

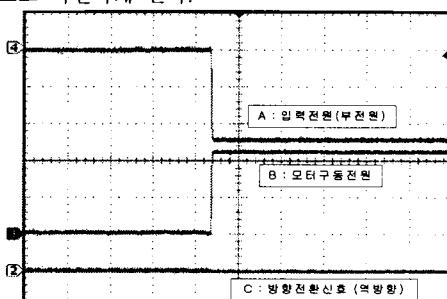


그림 2-11. 부전압 인가시 각부 파형

본 연구개발을 통하여 개발된 소형 BLDC 모터의 성능평가는 일본 SUGAWRA사의 Torque Meter(EMA-1)를 사용하여 정밀 측정하였다.

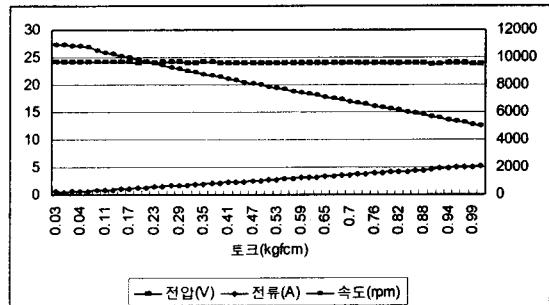


그림 2-12. 소형 BLDC 모터의 특성곡선

그림 2-13은 본 논문에서 제안한 드라이브 내장형 소형 BLDC 모터의 실제 사진을 나타낸다.

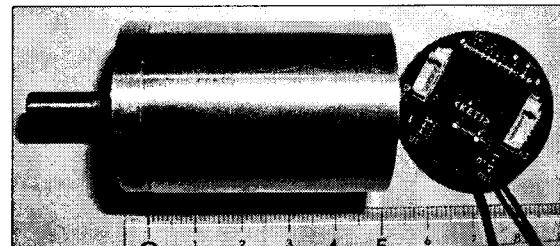


그림 2-13. 제안한 드라이브 내장형 BLDC모터의 실제로

3. 결 론

본 논문에서는 드라이브 내장형 소형 BLDC모터를 설계하고 드라이브단에 간단한 부가회로를 추가함으로써 기존의 브러시형 DC모터와 거의 유사한 방법으로 구동할 수 있게 구현하였다.

현재 직류모터가 활용된 제품 중 브러시형 DC모터가 장착된 제품이 80% 이상을 차지하고 있으나 최근에는 저렴한 유지보수 비용과 효율특성이 뛰어난 BLDC모터로 교체가 되고 있는 실정이다. 이를 모두 BLDC모터로 교체하려면 구동방식이 다르기 때문에 시스템에서부터 개발이 이루어져야 한다.

그러나 본 논문에서 개발한 부가회로를 적용한다면 시스템의 교체는 필요 없이 간단히 모터만 Pin-To-Pin으로 교체하여 BLDC화를 이를 수가 있으므로 개발비 및 시설투자의 비용을 크게 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

(참 고 문 헌)

- [1] P. Pillay, R. Krishnan, "Modeling, Simulation and Analysis of Permanent-Magnet Motor Drives, Part II: The Brushless DC Motor Drive." IEEE Trans. on Industry Appl. Vol. 25, No. 2, 1989
- [2] R. Krishnan, "Electric Motor Drives." Prentice Hall, Inc. 2001
- [3] T.J.E. Miller, and Hendershot, Design of Brushless Permanent-Magnet Motors, Magna Physics publishing and Clarendon Press, Oxford, 1994
- [4] "DMOS DRIVER FOR THREE-PHASE BRUSHLESS DC MOTOR : L6235." STMicroelectronics, 2002