

# 자동차 쿨링 팬용 BLDC 제어기 개발

서동현, 현병조, 박준성, 김진홍, 최준혁  
전자부품연구원

## Development of BLDC Controller for Automotive Cooling Fan

Dong Hyun Seo, Byong Jo Hyon, Joon Sung Park, Jin Hong Kim, Jun Hyuk Choi  
Korea Electronics Technology Institute

### ABSTRACT

최근 자동차 산업의 연구개발의 핵심화되는 효율성 제고 및 NVH(Noise, Vibration, Harshness) 개선에 있다. 특히나 많은 부품들의 개발에 있어서 운전자의 운전 편의성을 높이는 성능적인 지표 외에도 운전자가 느끼는 소음, 이상 진동에 대한 감성성능에 대한 소비자의 요구도 높아지고 있다. 이러한 경향에 맞추어 자동차 각 부분의 소음저감, 효율향상을 고려한 설계에 대한 연구가 활발해지고 있다. 많은 자동차 부품들에 모터가 사용되고 있으며, 특히 차량용 쿨링팬의 경우 모터를 사용하여 차량 운행 시 발생하는 (배터리의 온도를) 적절한 수준으로 유지시켜주거나 친환경 자동차 배터리를 쿨링 하는 역할을 한다. 대다수의 쿨링팬 모터로 BLDC모터가 많이 사용되며 이는 전통적인 제어 방법인 구형파제어를 사용하고 있다. 본 논문에서는 저전압 배터리의 전원을 사용하여 BLDC 쿨링팬을 안정적으로 구동할 수 있는 제어기를 개발하였고, 소음저감 및 높은 효율을 위하여 정현파로 제어하는 기법을 적용하였다. 개발된 시작품의 성능 시험을 통해 그 결과를 검증하였다.

### 1. 서 론

친환경자동차에 사용하는 리튬이온 배터리는 높은 에너지 밀도, 높은 기전력, 비메모리 효과, 긴 수명의 장점을 가지고 있다. 하지만 리튬이온 배터리의 경우 열 특성이 비선형적으로 운행 중 지나치게 높은 온도 및 낮은 온도는 단기적으로 배터리의 성능과 주행거리를 저하시킬 뿐만 아니라, 배터리의 장기적인 성능과 수명을 위해서 배터리 냉각을 위한 냉각시스템이 필요하다. 현재 저전압용 쿨링팬의 쿨링 성능에 추가적으로 저소음 및 높은 효율을 낼 수 있는 쿨링팬의 수요가 앞으로 많이 증가하게 될 것이며, 친환경 자동차의 주요 부품이 될 것이다. 특히 BLDC모터 및 제어기는 영구자석의 고밀도화/저가격화와 함께 반도체 소자의 저가격화로 많은 산업 분야에서 활용되고 있으며, 특히 최근 고유가 문제로 인한 친환경 저연비 자동차에 대한 관심과 함께 자동차에서도 많이 적용이 되고 있다. 또한 DC 모터 대비 정류자와 브러쉬가 없어 효율이 높고 소음이 적으며, 내구성이 좋은 장점이 있다.<sup>[1]</sup>

본 논문에서는 친환경자동차에 들어가는 저전압 BLDC 쿨링팬을 구동하기 위해서 제어기를 친환경차량 내환경성을 고려하여 차량의 환경온도인 40~125[°C]를 충족하는 소자들로 구성을 하였고 높은 효율 및 저소음을 위해서 정현파 제어를 하였

다.

### 2. 본 론

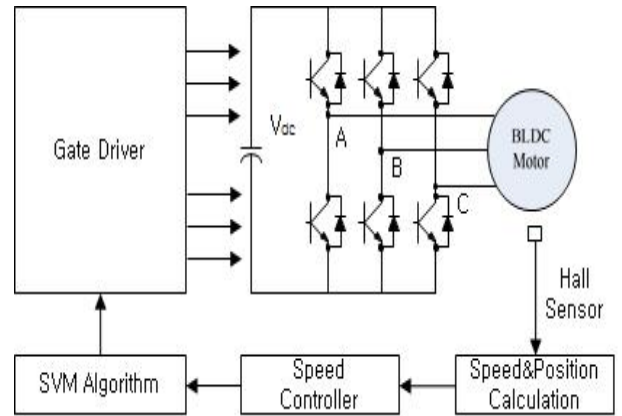


그림 1. 시스템 구성 및 제어 블록다이어그램

표1. 제어기 설계 사양

	단위	내용
제어기 용량	W	80
출력전류	A <sub>rms</sub>	6.7
최대토크	Nm	0.18
스위칭 주파수	kHz	20
입력전압	V	9 16
최대속도	rpm	2900

그림 1과 표1은 BLDC 제어기의 전반적인 시스템의 구성 및 제어 블록다이어그램과 제어기 목표 설계 사양을 나타내었다. BLDC제어기의 시스템은 크게 파워부와 제어부로 나뉜다. 파워부는 양산을 고려하여 역전압 방지회로를 구성하였고 인증시험을 위해서 필터를 추가적으로 구성하였다. 홀 센서를 이용하여 속도제어기를 구성하고 공간벡터변조방식(SVM, Space Vector Modulation)을 이용하여 게이트 드라이브에 인가되는 PWM을 계산하였다. 일반적으로 선형영역에서 많이 사용하는 그림2의 PWM 방식이 아닌 그림3의 PWM의 방식을 사용하였다. 그림 3과 같이 PWM을 스위칭을 하게 될 경우 그림2의 경우 360도의 모든 구간에서 스위칭을 하게 되지만 그림3의 경우 240도 스위칭 후 120도 구간

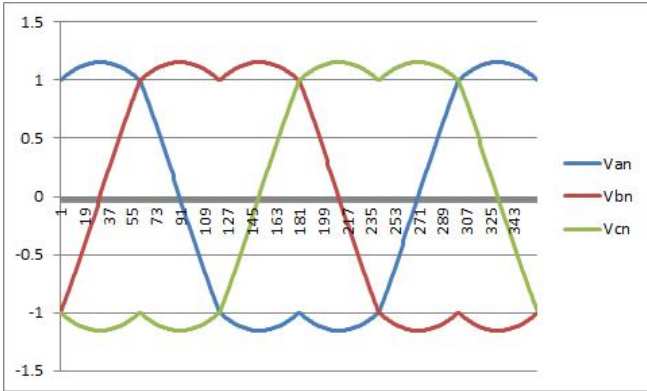


그림 2. 7 벡터를 포함한 공간벡터PWM

에서 스위칭을 하지 않기 때문에 스위칭에 의한 열 발생이 줄어들게 되며, 3개의 홀 신호를 이용하여 360도에 대한 각을 만들고 6개의 섹터로 나누어 홀 엣지가 들어올 때의 위치를 읽고 SVM을 이용하여 그림 3과 같은 PWM 테이블을 수식을 통하여 360도를 1536개의 분해능을 가지는 deg값을 이용하여 수식 (1)에 대입하여 theta를 만들고 (2)를 수식 (3),(4)에 대입하여 전압변조과정의 두 벡터의 스위칭 On Time T1,T2를 구할 수 있다.

$$\theta = \frac{\text{deg} * \pi}{180} \quad (1)$$

$$1.0472 \text{ rad} = \frac{60 * 2 * \pi}{360} \quad (2)$$

$$T_1 = \frac{\sin(1.0472 \text{ rad} - \theta)}{\sin(\theta)} \quad (3)$$

$$T_2 = \frac{\sin(\theta)}{\sin(1.0472 \text{ rad})} \quad (4)$$

이때 나온 T1 과 T2를 3상 360도의 6개 구간에 따라 조합을 통하여 0과 7벡터를 제외한 그림3과 같은 PWM 테이블을 만들 수 있다.

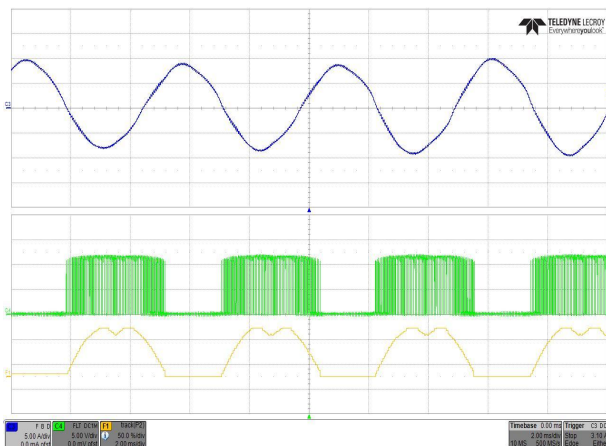


그림 3. 상전류 및 공간벡터 PWM 파형

그림3의 경우 정격부하에서 상전류 및 공간벡터 PWM 파형이다. 그림3을 통하여 위에서 제한한 공간벡터 PWM 파형은 설계대로 나온 것을 볼 수 있고 상전류 또한 흔들림 없이 일정한 것을 볼 수 있다.

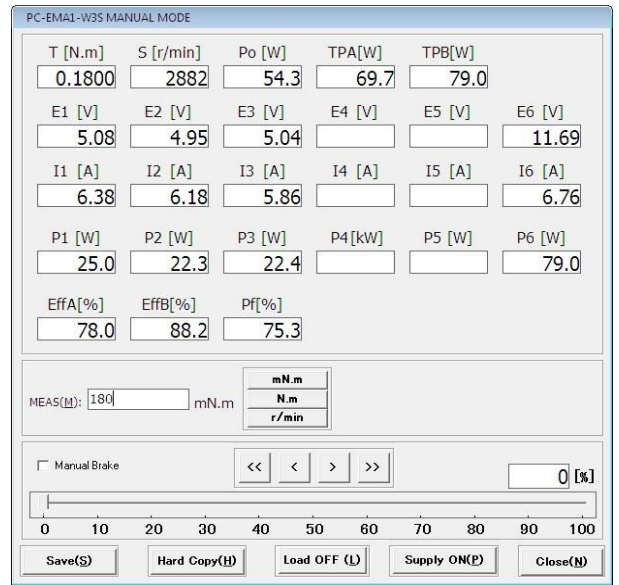


그림 4. NTI 실험 결과사진

그림 4는 정격전압 12V에서 2900rpm에서 정격부하 180Nm에서 측정한 결과이다. 이때 제어기의 효율은 88.2%로 측정되었다.

### 3. 결 론

본 논문은 친환경자동차용 BLDC 쿨링팬용 제어기 개발에 관한 것으로서 저전압 배터리를 사용하였고 양산성을 고려하여 초기에 역전압 방지회로를 필수로 추가하였고 친환경 자동차의 내환경성을 위하여 40~125[°C]를 만족하는 부품들을 선정하였다. 정현파 제어방식을 이용하여 전동기를 구동 결과 정격부하에서 제어기의 효율은 88.2% 달성하였다. 제어기 용량 및 성능 목표치는 실험결과를 통해서 정량적으로 달성했음을 볼 수 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “지역특화(주력)산업육성사업”으로 수행된 연구결과입니다.

### 참 고 문 헌

- [1] Zeraoulia M., Benbouzid M.E.H., Diallo., "Electric Motor Drive Selection Issues for HEV Propulsion System : A Comparative Study," IEEE Trans. Vehicular Technology Vol. 55, Issues 6, pp. 1756-1764, Nov. 2006.
- [2] 이동명, 김진호, 양현석, 전진우 “공간벡터 PWM을 이용한 간단한 정적 과변조기법” 전력전자학회 2011년도 전력 전자학회논문지 16(3), pp 234 241, 2011
- [3] 김상훈 , “DC, AC, BLDC 모터제어”, 북두출판사 , 2014