

자동차 워터펌프용 동기전동기 제어

박준성*, 최준혁*, 구본관*, 정인성*
전자부품연구원*

BLDC Motor Control for Automotive Water Pump

Joon Sung Park*, Jun-Hyuk Choi*, Bon-Gwan Gu*, and In-Soung Jung*
Korea Electronics Technology Institute*

ABSTRACT

최근 고유가 문제와 환경에 대한 관심 증가로 인해 친환경 저연비 자동차에 대한 기술 연구가 다양한 분야에서 활발히 진행되고 있다. 이 가운데서도 특히 반도체 및 배터리의 급속한 기술발전으로 자동차용 부품들이 기계식 방식에서 전자식 방식으로 대체되고 있다. 자동차 동력효율을 높이기 위해 내연기관 및 주변 전장장치들의 온도를 주행조건에 따라 제어하여 적정하게 유지시킬 필요가 있으며 이를 위한 자동차 부품으로 전동 워터펌프의 중요성이 커지고 있다. 본 논문에서는 이와 같은 자동차용 전동워터펌프 제어기 개발을 위하여 브러시리스형 DC모터를 적용하였으며, 내환경성과 고신뢰성을 고려하여 제어기를 개발하였다.

1. 서 론

기존 내연기관의 냉각시스템은 엔진의 회전에 연동된 타이밍 벨트로 구동되는 기계식 펌프로 냉각수 순환의 필요성 여부와 상관없이 엔진속도에 연동되어 독립적으로 동작할 수 없다. 이를 전동식으로 대체하게 되면 필요한 만큼만 가변 제어함으로써 에너지 소모량을 크게 절감할 수 있다. 즉, 전동워터펌프 기술개발을 통하여 엔진 연소효율 상승에 따른 환경오염 배기가스 배출의 감소효과를 얻을 수가 있으며, 자동차의 연비향상 효과가 크다. 전동워터펌프는 기존의 내연기관에 공용으로 적용하여 연비향상을 구현할 수 있을 뿐 아니라, 차세대 차량의 구동방식에 따른 하이브리드 차량 및 전기차량의 냉각에 필수적으로 요구되는 핵심부품이다.

전동워터펌프는 내연기관 엔진 주위에 위치하여 제어기의 주위 환경온도가 매우 높으며, 워터펌프 일체형 제어기로서 내환경성 및 소형 고효출력을 요구한다. 이를 위하여 본 논문에서는 고신뢰성 소자를 선정하여 하드웨어를 설계하였으며, 특히 양산성을 확보하기 위하여 8bit 프로세서를 활용하였다. 브러시리스 DC모터를 구동하기 위하여 홀센서를 이용하여 제어기를 설계하였다.

2. 본 론

그림 1에 개발된 제어기의 전반적인 구성을 나타낸 것이다. 인버터는 크게 모터 구동드라이버와 역전압 방지회로 및 ADC 회로, 그리고 CAN통신으로 이루어져 있다. 그림 1과 같은 인

버터 시스템에 있어서 각 스위치에 대한 온/오프 제어를 하기 위해서는 마이크로컨트롤러의 선택이 중요하며, 추후 양산성을 고려하여 8bit 프로세서인 MC9S08DZ32를 적용하였다.

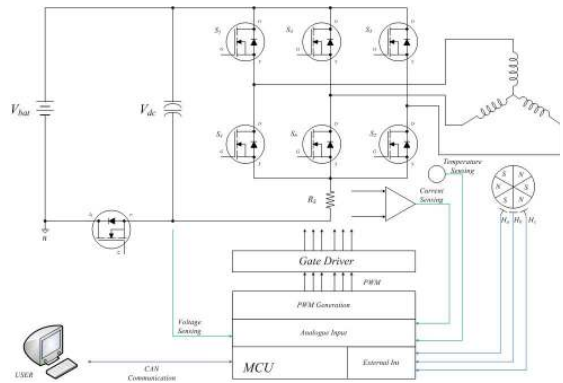


그림 1 워터펌프 제어기의 전반적인 구성

자동차시스템은 DC12V 배터리로 이루어져 있어서 제어기의 전원 인가시 항상 주의를 해야한다. 이러한 DC시스템에 있어서 역전압방지회로는 필수적이다. 기존의 역전압방지회로는 릴레이등을 이용하여 간단히 구현할 수 있었으나 릴레이는 사이즈가 크고 적용워터펌프의 용량이 300[W]급으로 전류용량이 크며 엔진주위의 환경온도를 고려하면 125[°C]급으로 릴레이를 이용하여 구현할 수 없다. 이와 같은 문제를 극복하기 위하여 FET를 사용하여 회로를 구현하였으며 그림 2에서 적용된 역전압 방지회로의 동작을 보여주고 있다. 순방향 접속시 초기에는 FET의 다이오드를 통하여 동작되다가 일정전압 이후로는 FET를 동작시키도록 하였다. 역방향 접속시에는 다이오드에 의해 제어기의 회로에 역전압이 걸리지 않도록 하였다.

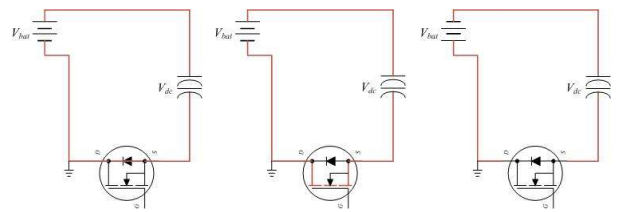
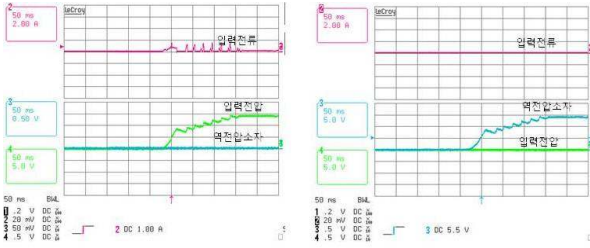


그림 2 역전압 방지회로의 동작



a) 순방향 접속시의 동작 파형 b) 역방향 접속시의 동작 파형
 그림 3 역전압 방지회로의 동작파형

모터의 속도지령을 주거나 인버터의 각 상태정보를 받을 수 있도록 CAN통신을 구현하였으며, 인버터의 전압과 전류를 측정하여 보호동작을 하도록 구현하였다. 모터의 구동은 브러시리스 DC모터에 장착된 홀센서 신호를 바탕으로 PWM을 발생시키도록 하였다.

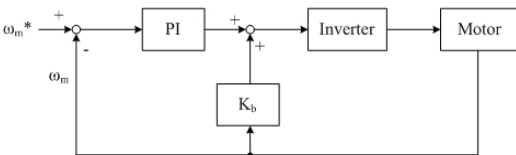


그림 4 제어알고리즘의 구성

그림 4는 전반적인 제어알고리즘의 구성을 보여주고 있다. 속도지령값은 CAN통신을 통하여 입력되며, 실제속도는 홀센서를 이용하여 계산되어 진다. 속도어러는 PI제어기를 사용하였으며 속도에 따른 역기전력을 계산하여 이를 바탕으로 속도제어기를 구성하였다.

$$D = (k_p + K_i \frac{1}{p})(\omega_m^* - \omega_m) + K_b \omega_m \quad (1)$$

그림 5는 정격부하인 450[mNm]에서 정격속도 6000[rpm]으로 속도제어하는 도중에 측정된 각속도 그래프이다. 노란색은 속도 그래프이며 빨간색은 각속도이다. 속도변동율은 식(2)와 같이 계산되어 지며 최대 4.1[%]로 측정되었다.

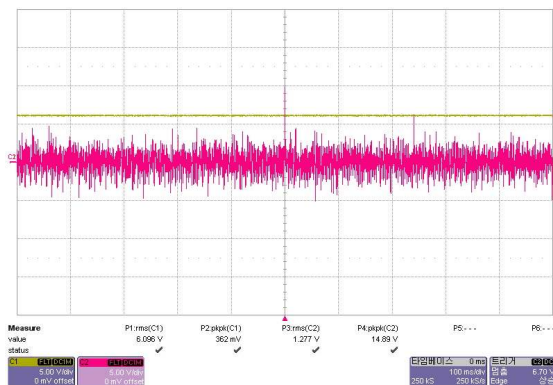


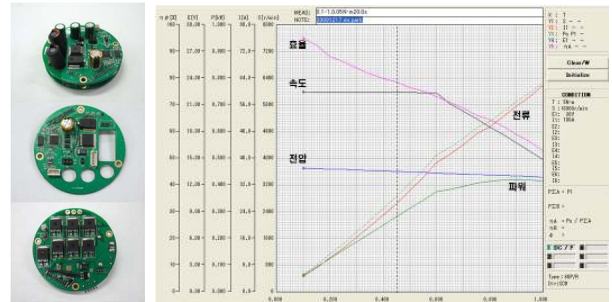
그림 5 정격부하에서 측정된 속도변동율

$$1482/360 \times 60/6000 = 4.1\% \quad (2)$$

그림 6 a)는 구현된 제어기 보드이다. 차량의 환경온도를 고려하여 -40~125[°C]의 사용온도조건을 만족시키고, 입력전압은

9~18[V]이며, 정격용량은 300[W]이다. 제어기 전체 사이즈는 75X32[mm]로 정격출력밀도는 2.12[kW/l]으로써 소형 고출력 드라이브를 구성하였다.

그림 6 b)는 인버터제어기 시료를 무부하에서 1[Nm]까지 50[mNm] 단위로 연속 측정된 결과이다. 약 600[mNm]까지는 속도제어기가 잘 이루어지고 있으며 그 이상에서는 전압부족으로 인하여 정격속도인 6000[rpm]까지는 나오지 못하고 떨어지고 있다. 정격부하인 450[mNm]에서 효율은 78[%]로 측정되었다.



a) 인버터제어기 b) NTI그래프
 그림 6 인버터제어기 및 NTI 그래프

3. 결론

본 논문은 내연기관 및 전기자동차에 적용되는 12V DC용 전동 워터펌프 제어기 개발에 관한 것으로서 브러시리스 DC모터의 속도정보는 홀센서를 사용하였다. 기존의 기계식 워터펌프는 엔진에 벨트로 직결되어 엔진 운전시 항상 운전되면서 엔진에 큰 부하로 작용하였다. 하지만 이를 전동식으로 대체하여 가변 제어함으로써 에너지 소모량을 크게 절감할 수 있다. 전동워터펌프는 펌프, 모터, 제어기의 일체화로 사이즈가 대폭 줄었으며, 내연기관의 엔진 주위에 위치하여 사용환경온도가 높다. 내환경성 및 소형 고출력 제어기를 위하여 부품은 -40~125[°C]의 운전온도를 기준으로 선정하였으며, 역전압방지를 위하여 FET를 적용하였다. 양산성을 고려하여 8bit 프로세서 적용하였으며 이를 이용하여 PI 속도제어기를 구성하였다. 모터 및 제어기의 효율 측정결과 정격부하에서 효율은 78[%]로 측정되었다.

참고 문헌

- [1] T.J.E. Miller, Brushless Permanent-Magnet and Reluctance Motor Drives, Clarendon Press, Oxford 1989.
- [2] Richard Valentine, Motor Control Electronics Handbook, McGraw-Hill Handbook, 1998.
- [3] Gordon R. Slemon, "High-Efficiency Drives Using permanent-Magnet Motors", Proc. of IEEE IECON, pp. 725-730, 1993.
- [4] R. Krishnan, Electric Motor Drives, Prentice Hall, Inc. 2001.
- [5] Yasuhiro Kue, Hideo Kobayashi, Hiroki Ichinose and Takayuki Otsuka, "Development of New Generation Hybrid System (THS-II) - Development of Toyota Coolant Heat Storage System", ASE International, 2004-01-0643, 2004.