

자동차 연료펌프용 저가형 센서리스 BLDC 전동 시스템

박수현*, 서제형*, 장정철*, 박성준**
 뉴모텍(주)*, 전남대학교**

Automobile fuel pump for low-cost sensorless BLDC electric system

Soo-Hyun Park*, Je-Hyeong Seo*, Jung-Chol Jang*, Sung-Jun Park**
 Newmotech co.,ltd*, Chonnam National University**

초록 - 지구 화석연료의 고갈로 불안정한 고유가 시대를 살아가는 현대인들에게 자동차 연비는 소비자들이 자동차를 구매할 때 반드시 고려하고 있는 필수 조건이 되었다. 또한 자동차 연비향상 문제는 이산화탄소 배출로 인한 환경문제와도 직접적인 연관이 있다.

연료펌프는 연료탱크로부터 직접적인 펌핑을 통해 유체를 전달하는 장치이며 전동 모터에 의해 구동 된다. 본 논문에서는 연료펌프 전동 시스템인 모터와 제어기를 개발 하였다.

한편 모터를 제어하기 위해서는 회전자의 위치 검출이 필요한데 그 방법으로는 Hall 센서, 엔코더, 리졸버 등을 사용하게 된다. 하지만 연료펌프의 내부는 고온, 고압의 환경 조건이다. 이에 따라 센서리스 제어 방식을 선택 하였으며, 센서를 제거하여 비용절감이 되는 부분에서 본 논문의 주제와도 부합 된다.

1. 서론

연료펌프는 연료탱크의 연료를 엔진으로 송출하는 장치이다. 자동차용 연료펌프 전동기는 최근에 크게 3가지 방향으로 검토되어 지고 있다.

첫 번째는 고전적인 방법으로 DC 모터를 적용하는 것이다. 모터의 회전속도를 제어하지 않기 때문에 연료의 효율적인 소비 측면에서 바람직하지 않다. 현재 원가적인 측면이 우수하고 기술수준이 미치지 못하여 대부분의 차량에 적용되고 있으나 향후에는 준중형이나 소형 또는 경차에 적용 예정이며, 점차적으로 그 사용량은 줄어들고 있는 추세 이다.

두 번째는 DC 모터에 제어기를 장착하여 회전속도를 제어하는 방법이며, 기존 DC 모터 보다 효율적으로 연료 사용량을 제어 할 수 있다. 가격적인 부분에서 제어기를 간단하게 구성할 수 있어 장점이라 할 수 있다. 주로 중형급 이상의 차량에 적용 검토 중에 있다.

세 번째는 본 논문에서 제시한 BLDC 모터 이다. 출력 밀도와 효율에서 월등하며 브러시와 정류자로 인한 기계적인 소음 발생 부분을 개선할 수 있다. 또한, 장 수명을 보장할 수 있다. 출력 밀도를 높여 모터의 소형화가 가능하고 다시 말해 동일한 크기로 더 큰 출력을 달성할 수 있다. 이에 따라 모듈의 소형화가 가능해 진다. 현재 대형 승용차를 중심으로 본격적인 양산화 또는 검토 중에 있다.

2. 본론

가. 자동차 연료 펌프용 센서리스 BLDC Motor

연료펌프는 전동 모터의 취부 공간이 정해져 있어 고정자 외경을 제한 조건으로 설정 하였다. 양산성을 고려하여 표준 시간의 절감을 위해 스타 결선 집중권 방식의 권선방식을 채택하였다. 그리고 제한된 설계 조건을 만족시키기 위하여 회전자의 자석을 선정할 때 자속 밀도가 큰 희토류 금속 중에 하나인 네오뉘를 사용 하였다.

1차 프로토 타입 전동기의 목표 사양은 표 1과 같이 정하였고, 그 기준으로 설계된 모터의 단면은 그림 1과 같다.

목표 사양		비 고	
모터	형태	BLDC Motor	
	상수	3	
	결선방법	Y	집중권
성능	입력전압	12[VDC]	max 13.5v
	정격출력	80[W]	
	정격토크	0.12[Nm]	
	정격속도	6,200[rpm]	
	효율	73[%]	
기구	고정자 외경	34.8[mm]	S 60
	회전자 외경	13.6[mm]	
	공극	0.9[mm]	
	자석	N42SH	
		2.0[mm]	
적층	30.0[mm]		
Top	-40℃ ~ +90℃		
사용연료	FUEL D, 알코올 혼합연료 (E10, E25), M15, 디젤		

표 1 프로토 타입 BLDC Motor 목표 사양

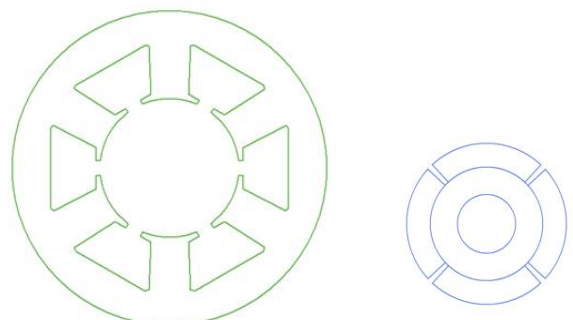


그림 1 1차 프로토 타입 BLDC Motor의 단면도

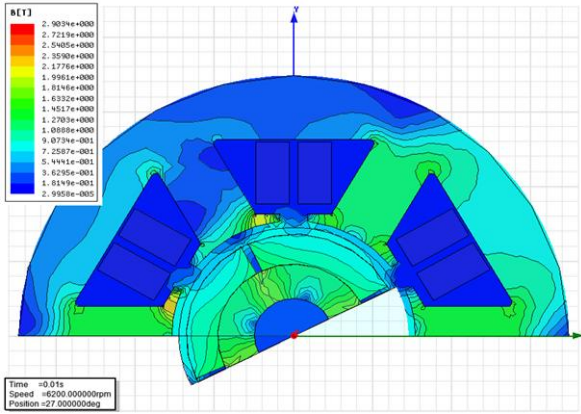


그림 2 Core 자속밀도 분포

그림 2는 설계된 모터의 자속밀도 분포와 자속선도를 나타내고 있으며, 적층된 코어에서 포화가 일어나지 않도록 설계 하였다.

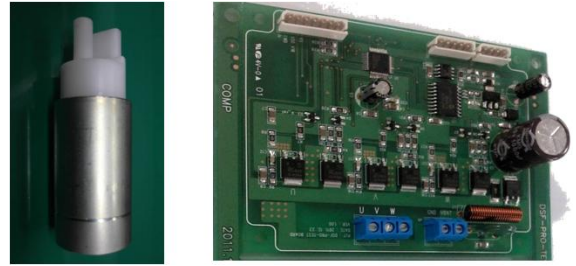


그림 3 프로토타입 제작/시험

나. 센서리스 BLDC Motor Controller

BLDC 모터의 두뇌 역할을 하는 마이컴은 저가형 원칩 솔루션을 적용하였으며, 자동차 전장 시스템의 특성에 맞게 12V로 구동하는 제어기를 구성하였다.

자동차 배터리에서 전원이 인가되면 입력되는 PWM의 듀티를 기준으로 하여 동작을 하게 되는데, 먼저 역기전압을 감지하여 회전자의 위치를 파악하고 제로 크로싱 포인트에서 30° 위상 차이를 두고 FET에 스위칭을 하도록 신호를 출력하여 모터가 동작을 하게 된다.

제어기의 보호를 위해 과전압 또는 역전압 방지 회로와 과전류 방지회로를 추가하였고, 마이컴 자체적으로 과전압 보호와 저전압 보호, 온도 보호 기능 등이 탑재되어 있다. 인버터는 입력전압을 고려하여 40V급의 FET로 구성 하였다.

마이컴에는 FET에 동작 신호를 출력해주는 3개의 게이트 드라이버가 포함되어 있고, 배터리의 전압인 12V로 입력을 받아 주변 IC 또는 자체적인 필요전압을 출력해주는 정전압 발생기가 내장되어 있다. 또한 린 통신을 위한 린 트랜시버가 내장 되어 있으며, 클락을 내장하여 외부에 크리스탈(발진 소자)을 장착하지 않아도 된다. 전체적으로 칩 하나에 여러 가지 솔루션이 제공되어 있어 외부에 그만큼 PCB의 공간이 줄어들어 전체적인 제어기의 크기를 줄일 수 있다. 추가적으로 센서드와 센서리스를 동시에 지원이 되도록 설계가 되어 사용자가 필요한 솔루션을 선택하여 사용하면 된다.

3. 시험 및 고찰

그림 3과 같이 프로토타입 모터와 제어기를 제작하였으며, 모터의 성능시험과 연료펌프 모듈에서의 성능시험을 진행 하였다. 모터 단품에서의 성능시험은 다이내모 장비를 이용하여 토크, 회전수, 출력, 효율 등을 측정하였으며, 연료펌프 모듈에 장착하여 압력을 실차조건으로 하여 실험을 실시 하였다.

그림 4에는 모터 단품에 대한 성능시험 그래프를 나타내었다.

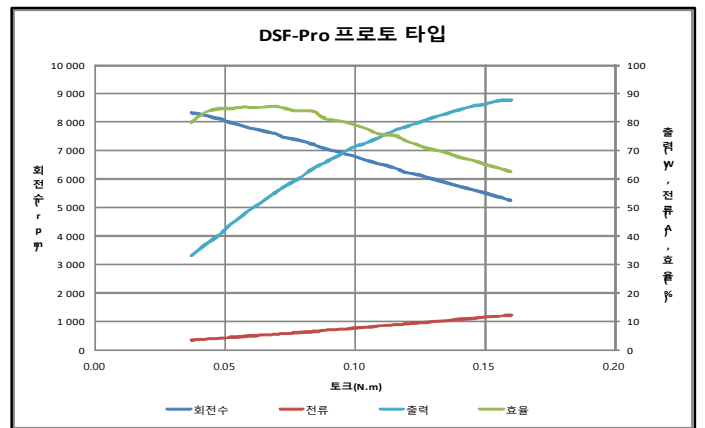


그림 4 모터 성능시험 그래프

4. 결론

본 논문에서는 자동차 연료펌프 모듈에서 중요한 역할을 담당하고 있는 BLDC 전동 시스템을 구성하였다. 모터는 설계 최적화 과정을 통해 소형화·고출력화를 진행 하였고, 제어기는 양산에 적합한 저가형 마이컴을 선정하였으며, 회전자의 위치감지는 센서리스를 적용하였다. 각각 양산시 원가 경쟁력을 갖출 수 있도록 설계하였다.

P[kPa]	I[A]	Q[L/h]	N[rpm]	효율[%]
500	8.0	186	7328	26.9

표 2 연료펌프 모듈시험 결과

표 2는 연료펌프 모듈에서의 실험결과 이며 기존 양산 중인 DC 모터 대비 유량은 5%, 모터 단품 효율은 16%, 연료펌프 모듈에서의 효율은 5% 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 또한 출력, 토크, 회전속도, 효율 등은 목표 사양에서 제시한 성능에 만족한 결과를 얻었다.

[참 고 문 헌]

[1] 배충식, 정용진 (한국과학기술원) “자동차엔진의 연비향상 기술개발 동향” 한국자동차공학회 오토저널 2012년 1월호