

기술 해설

파워모듈이 진화하여 자동차의 요구를 만족시키다

John Mookken

(Project Manager, SEMIKRON Inc., Hudson NH, USA.)

자동차 산업은 전력전자의 새로운 세대를 요구하여 그들의 필요를 만족시키기를 바란다. 파워모듈 제조사들은 이 도전에 응할 준비가 되어 있는가?

1. 자동차 속 전력 전자

자동차에서 내연기관(ICE)의 불가피한 소모를 의심하는 사람이라면 기본적인 연소기관의 비효율성에 대하여 고려해 봐야만 한다. 연소과정에서 발생하는 총 에너지로부터 단지 25%만이 실제로 차체를 움직이거나 부품을 제어하는데 사용되었다. 연소과정에서 대부분의 에너지는 최고 70%까지 열로 소모된다.

반면에 모터 구동과 같은 전기 모터는 배터리에 에너지를 저장하여 75~90%정도까지 효율적으로 동작한다. 이것은 단지 몇 전문가들이 "내연(기관)시대의 종결"로 예측하고 있는 이유들 중 하나이다. 다른 이유는 차량 배출 오염과 재생 불가능한 연료에너지에 근거한다.

몇십년전까지 자동차의 전기부하 장치들은 대부분 환기 팬, 전환 시스템, 전등 등으로 구성되었다. 최근에 전기부하 장치들은 ABS, 다중 컴퓨터, 멀티 디스플레이, HID 램프 그리고 점화까지 확장하였다. 그러나, 예를들어 힘 조향장치와 같이 기계적 결합을 대체하거나 낮은 속도에서 내연기관의 효율 증대를 위한 자동차 설계에서의 명백한 전기모터의 두각으로, 자동차의 새로운 세대에 전력 전자의 발전이 요구되고 있다.

연료효율을 극대화하기 위하여 내연기관의 출력과 전기모터의 출력을 구성하는 하이브리드 전기자동차(HEV)는 국제

시장의 강한 요구로 보여진다. 만약 우리가 HEV의 시대 너머에서 미래의 수소연료에너지 자동차의 시대를 생각한다면 전기자동차 쪽으로 기울어질 것이다. 자동차의 전력전자에 대한 수요는 계속 성장할 것이 자명하다.

첫번째로 자동차에서 예상되는 전력전자의 많은 수요는 쉽게 주자동차 하부시스템에 접목될 수 있고 이것은 많은 기능과 소자를 단일 패키지에 접목시킨 모듈을 공급하는 파워모듈 공급자에게 기회를 의미한다.

이 기회는 또한 파워모듈 제조사뿐 아니라 자동차 제조사에도 도전을 의미한다. 자동차 제조사는 전력 전자에 대한 지식

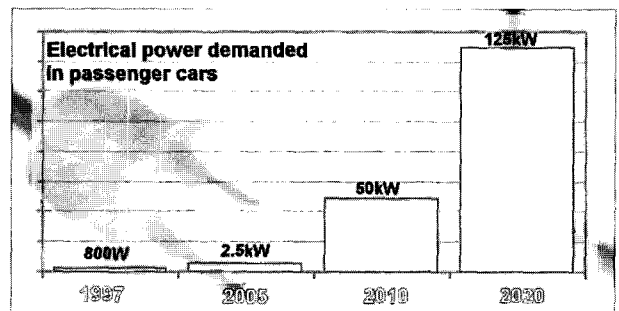


그림 1 자동차의 전력전자에 대한 수요는 하이브리드 전기자동차의 증가된 요구로 급성장이 예상된다.

을 증대해야 하며 파워모듈 제조사와 관계를 증대시키도록 해야 한다. 파워모듈 제조사는 자동차 분야의 요구를 이해하고 새로운 공정과정을 검토하여 자동차 시장에 의해 요구되는 규모, 수량과 비용을 만족시킬 필요가 있다.

2. 자동차의 도전

파워모듈을 위한 자동차의 요구조건은 아래의 두가지 범주로 구분될 수 있는데 바로 기술과 경제적 특성이다. 기술적 특성은 전기적 성과, 환경적 제한 그리고 크기와 중량의 요구에 응하는 능력을 가리킨다. HEV 를 위한 파워모듈에서 가장 중요하고 도전적인 기술중의 하나는 성능감소나 수명의 단축 없이 주입구내에서 105°C의 냉각온도 상태로 구동되도록 하는 능력이다. 결과적으로 확장된 동작온도 범위(-40°C ~ 125°C)는 설계자로 하여금 전자 부품을 위해 구분된 냉각루프를 가지도록 해야 하는 부담을 덜어 준다.

경제적 특성은 품질, 신뢰성 또는 성과에 대한 절충없이 모듈을 대량생산 할 수 있는 능력을 포함한다. 오늘날 자동차에서 야기될수 있는 문제점들의 대부분이 전력전자 제품에서 기인함을 감안하면 전력전자는 하이브리드 자동차에서 민감한 부분이 될것이다. 이것으로 파워모듈의 기술적인 위업보다도 품질과 경제적 특성이 왜 가장 중요한 부분인지 쉽게 이해할 수 있다.

전통적으로, 대부분의 파워모듈 생산자는 전력전자 제품 공급자에서 드라이브 공급자였고, 전력전자 시장은 현재 산업

적 모터 드라이브와 파워 서플라이로 대표되었다. 결과적으로 자동차 시장의 전기적 성능에는 만족할 수 있었지만 자동차의 구동에 대한 엄격한 환경 요구를 만족시키는 것에는 실패하였다. 자동차의 환경 표준을 만족시킬 수 있는 드라이버는 일반적으로 군수와 항공 등급이고 목표 가격을 만족시킬 수 없다. 그리하여, 파워모듈의 새로운 세대 필요성은 역량, 소형, 강인함, 품질, 생산성 그리고 가격들 사이의 적절한 균형을 발견할 수 있다.

3. 도전에 적합

기술적 측면과 경제적 측면 사이에서 적절한 균형을 찾는 가장 우선적인 방법은 세미크론에서 출시되는 "자동차 파워 모듈" 세대이다. SKAI(SEMIKRON Advanced Integration) 라고 불리는 모듈은 단일 패키지 안에 모터 드라이브를 위하여 필요한 모든 기계 설비를 포함하고 있어 파워 모듈의 미래에 선풍과 같은 기능을 제공한다.

자동차 시장에 솔루션을 제공하기 위한 준비가 된 이 모듈은 IGBT를 기본으로 액체 또는 자연 냉각방식의 히트싱크, 게이트 드라이버, DSP 컨트롤러, 다중 감지기 그리고 보호 로직으로 구성되어 있다. SKAI의 완전한 제품군은 QS9000에 의하여 공인 인증된 생산 라인에서 생산되었고, -40°C에서 85°C 까지의 온도편차 상에서 운영될 수 있도록 설계되었다. 냉각액 내부의 온도는 가장높은 온도에서 구동가능하도록 파워감세부분인 70°C까지 제한된다.

자동차의 요구조건		
기술적 특성(under hood mounting)		경제적 특성
Ambient Operating Temperature	-40°C to 125°C	\$5 / kW in quantities of 100,000 units / yr
Coolant inlet Temperature	-40°C to 105°C	Manufactured to QS9000 or TS16949 standards
Overall Weight	20 lbs	
Overall Size	~ 470 Cu.Inches	
Vibration	10g - random, all 3-axis	
Mechanical Shock	22 Gpk	Highest level of integration to reduce system part count
Non Operational Life	15 years	
Operational Life	10,000 hrs or 150,000 miles	
DC Bus voltag	300 to 480VDC	Easily assembled in volume using unskilled labor or automation
Peak current per phase	600 A rms	
Continuous power @ 105°C coolant, 3 GPM coolant flow	125 kW	

그림 2 자동차 제조사가 파워모듈 생산사에 요구하는 목록

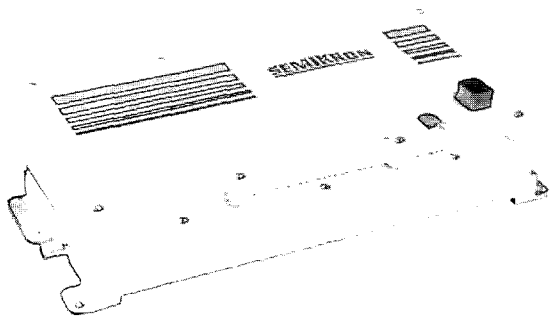


그림 3 600V IGBT 기반, 액체냉각방식인 160kW(평균) SKAI 파워 모듈

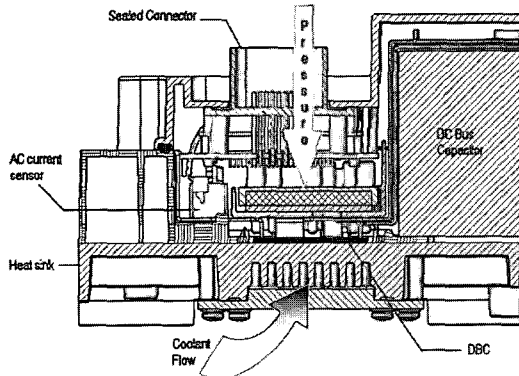


그림 4 SKAI 파워 모듈의 단면

SKAI 모듈의 핵심은 AIN 세라믹 기질의 3상 브리지 DBC(Direct Bonded Copper로 만들어진 6-pack IGBT 전력단이다. 각 DBC는 12개의 600V NPT 칩이나 1200V Trench IGBT 칩으로 구성되고, 6개의 다이오드와, 게이트 저항 그리고 PTC(positive coefficient thermistor)로 구성된다. 높은 수준의 집적화는 각각의 DBC위에 AC와 DC 사이에 버스바 구조로 되어있다. AC와 DC 사이의 버스바 구조와

밀집된 DBC들은 독특하고 독점적 압착 시스템인 세미크론 SKiiP® technology 사용으로 2,100 lbs/Inch²보다 낮게 결합된다. 이 압착 시스템은 DBC와 신뢰성을 증가시키는 모듈의 기판 사이의 많은 납땜을 없앤다.

이 시스템은 파워 사이클 테스트에서 10가지 요소의 기판을 사용하여 전통적인 파워 모듈에서 공급된것 보다 높은 우수성을 보여준다. AIN 기판의 사용은 또한 신뢰성을 향상시킨다. 연구결과 모듈의 수명이 Al₂O₃보다 AIN사용이 더 적게 도출되어 이 요소들에 의하여 개선될수 있음이 증명되었다. 압착 시스템은 또한 파워 모듈안에서 DBC와 드라이버/컨트롤 보드 사이에 접촉 게이트와 센서 접촉을 스프링 접촉 방식으로 사용하기 때문에 결과적으로 와이어 본드의 사용을 줄여준다. 구리판에 스프링 접촉 방식은 파워 모듈의 사용을 위한 낮은 전류 제어와 센서 신호 접촉 방법의 신뢰도를 높여 주는 것으로 보여지고 있다.

DBC 위의 DC와 AC 버스바들의 단단한 결합은 기생 유도 성분을 최소화 시킨다. 버스 필터링은 버스바들 사이에 가깝게 조립된1mF의 금속화 폴리프로필렌 축전기까지 포함된다. 두개의 전류감지기는 3개의 AC 버스바중 2개에 결합되며 리본 케이블을 경유하여 제어 보드에 부착된다. 제어보드는 스프링 핀을 경유하여 DBC와 연결(인터페이스)하고 파워 서플라이, 게이트 드라이버, DSP, 통신설비(CAN/IEE485 지원) 그리고 보호 회로를 포함한다.

SKAI 모듈의 더 진보된 버전은 최고 냉각내부 온도가 70°C 에서 105°C 로 자동차 필요조건에 더 잘 부합하고 이는 현재 개발 중에 있다. 이와같은 개선은 모듈 구성의 모든 전력 전자 제품의 구동 온도에 영향을 미칠 것이다. 또 다른 개선은 업그레이드 된 DSP 컨트롤러와 높은 전력 밀도 및 개선된 신뢰성을 가져오는 결과가 될 것이다.

자동차 이용에 더하여 SKAI 모듈은 현재 철도 기관차와 기동성 있는 보조 변환장치 체계가 있는 실질 시험을 진행중이다. 10kW/lb와 330 W/Inch³ 의 1세대 SKAI는 미래 자동차인 HEV 이용과 만나는 긴 길을 가고 있다.