

# HEV용 전장부품 기술동향

## 양 인 범

(자동차부품연구원 미래형자동차사업단 선임연구원)

하이브리드자동차(HEV)는 내연기관과 전기구동시스템의 장점을 조합한 친환경 자동차로써 연료전지자동차나 전기자동차와 같은 무공해 자동차는 아니다. 하지만 현재의 기술을 바탕으로 실용화가 가능하다는 점에서 어느 친환경 자동차보다 현실성(시장성)을 확보하고 있다.

이러한 HEV는 기존 자동차에 적용되고 있는 부품 외에 고전압 전기시스템에 필요한 전장부품들을 필요로 한다. 본고에서는 HEV 전기시스템을 구성하는 공통 핵심 전장 부품들의 기술 동향을 소개하고 그 미래에 대하여 살펴보고자 한다.

### 1. 서론

하이브리드(Hybrid)는 '잡종, 혼성' 등을 의미하는 단어로써 생물학, 언어학, 전기, 전자, 컴퓨터 등 다양한 분야에서 여러 의미로 사용되고 있다. 이렇듯 하이브리드 자동차는 기

존의 내연기관 자동차와 전기자동차의 장점만을 모은 것으로, 각각이 가지고 있는 단점을 다른 종(種)으로부터 보완하는 특징을 가지고 있다. 기존 내연기관 자동차의 단점, 즉 배출가스로 인한 환경오염 문제를 줄이기 위하여 내연기관 자동차와 모터 및 배터리를 사용하는 전기 자동차의 장점을 현실적으로 조합한 것이 하이브리드 자동차이다.

그림 1에서 보이는 바와 같이 기존 자동차는 연료를 연소시켜 화학적 에너지를 기계적 에너지로 변환하고, 변환된 에너지를 변속기를 통하여 바퀴에 전달하여 적절한 속도로 바퀴를 굴러주는 구조로 되어있다. 이에 비하여 하이브리드 자동차는 배터리, 구동 모터 그리고 PCU (Power Control Unit)를 추가로 장착하여 엔진과 모터를 동시에 또는 독립적으로 사용할 수 있는 구조를 가지고 있다.

하이브리드 자동차는 엔진과 구동 모터를 조합하는 방식에 따라 다양한 구성이 가능하다. 구동 모터만의 힘으로 차량 구동이 가능한 것과 그렇지 않은 것으로 Soft-type HEV와 Hard-type HEV로 구분하기도 한다. 또한 구동모터를 배치하는 방식에 따라서 전후륜 독립구동, 4륜 구동 등 다양한 기 능설정이 가능하다.

### 2. HEV 전장부품 기술동향

하이브리드 자동차에는 기존 자동차에는 없거나 개선된 전장부품들이 적용된다. 그림 2와 같이 고전압 전기시스템과 구동 모터 그리고 공통 전장 부품들이 새롭게 적용되는 부품들

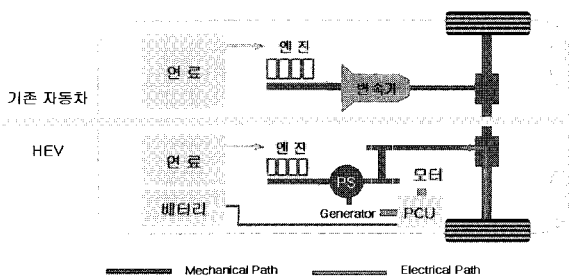


그림 1 HEV와 내연기관자동차의 비교

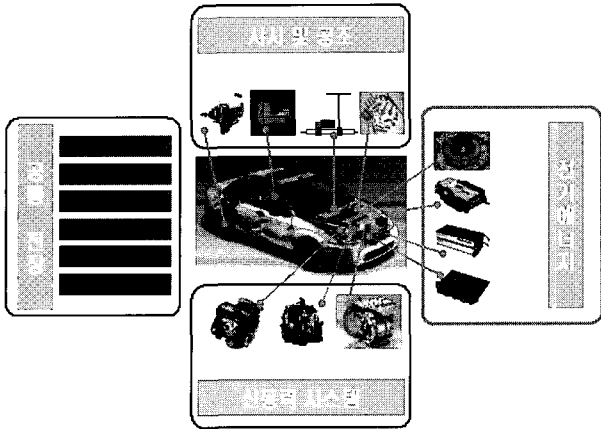


그림 2 HEV에 적용되는 주요 핵심 부품

이다. 또한 엔진과 모터의 연계구동, 회생제동 등 복잡한 시스템 제어를 수행할 통합제어기(HCU, Hybrid Control Unit) 역시 매우 중요한 모듈이라 할 수 있다.

여기서 소개할 기술은 DC/DC 컨버터, 고전력 하네스 시스템, DC Link 커패시터, DC 파워 릴레이, 전류 센서로써 200V 이상의 DC 전원을 사용하는 하이브리드 자동차의 필수 부품들이면서 현재 활발하게 개발이 진행 중인 기술들을 선정하였다.

### 2.1 DC/DC 컨버터

DC/DC 컨버터는 DC 200V 이상의 배터리 전원을 변환하는 전력 변환 장치이다. 기존 자동차의 경우 14V 전원을 사용하기 때문에 배터리 전압을 14V로 낮춰주는 Low-DC/DC(LDC/DC) 컨버터와 모터 구동을 위한 부스팅 전압을 만들어내는 High-DC/DC(HDC/DC) 컨버터 두 종류가 적용되고 있다.

LDC/DC 컨버터는 Soft-switching 방식이 주로 적용되며 1.4kW급 제품이 양산되고 있다. HDC/DC 컨버터역시 Soft-switching 방식이 주로 적용되며 구동 모터의 종류에 따라 400~600V 정도의 고전압을 출력한다.

HEV용 DC/DC 컨버터의 경우 일반 산업용 제품에 비해 기능상 특별한 점을 없으나, 차량 적용을 위해 크기를 대폭 줄여낸 한다는 기술적 문제를 가지고 있다. 실제로 일본의 TDK와 DENSO, Mitsubishi 전기, 스위스의 BRUSA 등은 제품의 크기와 효율 측면에서 기술 경쟁력을 확보하고 있으며 일본과 유럽의 하이브리드 자동차에 장착되는 DC/DC 컨버터의 대부분을 공급하고 있다.

### 2.2 고전력 하네스 시스템

하이브리드 자동차는 14V에서 600V까지의 고전압과 80A

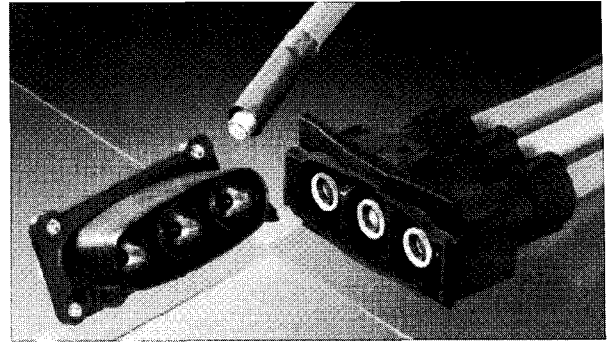


그림 3 개별차폐방식의 커넥터

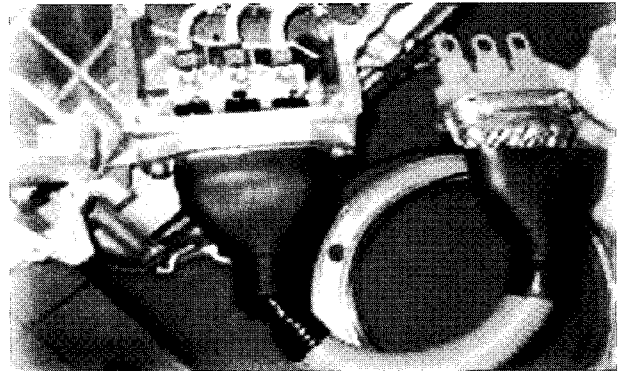


그림 4 편조선 일괄차폐방식의 커넥터

이상의 대전류를 사용하기 때문에 커넥터, 하네스 등에서도 새로운 기술을 요구하고 있다.

커넥터의 경우에는 EMI 문제 해결을 위한 차폐 기술이 가장 중요하다. 현재 하이브리드 자동차에 적용되는 커넥터는 크게 두 가지 방식으로 이 문제를 해결하고 있다. 첫 번째는 개별차폐방식으로 커넥터 안쪽까지 개별 차폐부품을 사용하여 단자를 포괄하는 방식이다. 이러한 차폐부품은 다른 한쪽의 커넥터와 결속 시 서로 접촉을 이루어 완전한 차폐성을 갖는다.

다른 방식으로는 비차폐 케이블을 사용하여 전기적 커넥팅을 이룬 후 편조선으로 하네스 전체를 감싸고 이를 커넥터의 끝단에 압착 연결하는 일괄차폐 방식이다. 이러한 제품은 차폐부품이 커넥터 안쪽으로 게재되지 않아 커넥터를 작게할 수 있다는 장점을 갖지만 편조차폐부분을 하네싱 공정에서 따로 해줘야 하는 번거로움이 존재한다. 그림 3과 그림 4는 각각 대표적인 개별차폐방식의 제품 및 편조선을 이용한 일괄차폐방식의 커넥터를 보여준다.

하이브리드 자동차에 사용되는 동작전압 및 동작전류가 크기 때문에 전기적 안전을 위해서 결속을 이루는 커넥터는 이중락킹을 사용한 제품이 출시되어 적용되고 있으며,

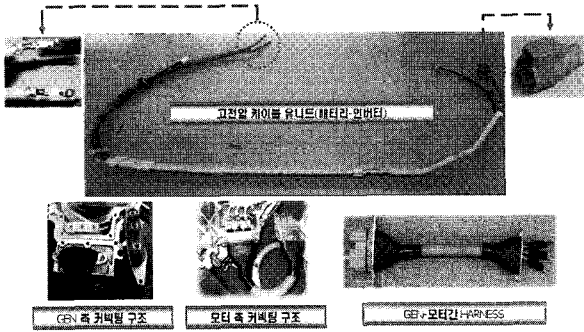


그림 5 TOYOTA PRIUS 하네스 시스템

Interlock 기능을 부가하여 커넥터의 분리 시 미리 전원을 차단하는 기능을 갖추고 있다. 또한, 커넥터의 암수가 적절하게 결합되었는지를 판별할 수 있는 검지부재를 삽입하여 조립자 때문에 발생할 수 있는 오결합 상태를 최대한 줄이는 기술이 적용되고 있다.

그림 5는 TOYOTA PRIUS THS-II 3<sup>rd</sup>의 고전압 하네스 시스템을 보여준다. 고전압 케이블 및 저전압 배터리 케이블에 알루미늄 도체를 적용하여 전체적인 중량을 저감하였고, 구동 모터측은 링터미널 방식의 연결부를 사용하였다. 인버터 측은 단극 조합형 커넥터를 사용하여 삽입력 저감과 조립의 간편화를 이루었다. 인버터와 모터간 주 동력라인은 차폐 케이블 사용하였고, 모터-제너레이터측은 단순형 커넥팅 방식을 채용하였다. 인버터와 모터 간은 하네스 일괄차폐방식을 택하여 케이블 자체의 유연성을 향상시켰으며, 모터와 인버터 간에 진동이 전달되지 않도록 설계하였다.

### 2.3 DC Link 커패시터

구동 모터의 인버터 평활용으로 사용되는 DC Link 커패시터는 금속 증착 필름 커패시터가 주용 적용되고 있다. 하이브리드 자동차의 초기 모델에서는 인버터용 DC Link 커패시터로 알루미늄 전해 커패시터를 사용하였으나, 인버터의 전압상승과 신뢰성 문제로 인하여 대체 커패시터의 필요성이 대두되어 금속 증착 필름 커패시터를 개발하여 사용하고 있다.

일본 Matsushita는 기존의 전해 커패시터에서 신뢰성이 월등한 금속 증착 필름 커패시터로 교체하여 대량 생산체제를 갖추었고, 3.2 $\mu$ m OPP를 개발하여 양산 중이다. Nippon Chemi-con사에서 350Vdc급 전해 커패시터를 개발한 이후에, Matsushita 전기산업에서 600 Vdc급과, 750Vdc급 금속화 플라스틱필름 커패시터를 개발하여 TOYOTA와 HONDA 하이브리드 자동차에 적용하고 있다.

독일 EPCOS사는 이태리 ARCOTRONICS사와 독일 TREFAN사의 OPP 필름을 사용하여 유럽의 완성차업체에

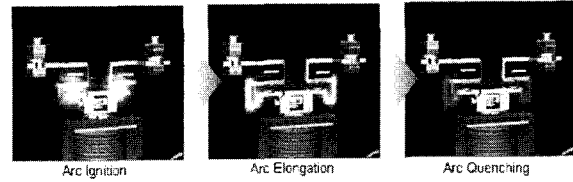


그림 6 릴레이 내부의 Arc 이동

필름 커패시터를 제공하고 있다.

### 2.4 DC 파워 릴레이

고전압 릴레이는 배터리 단의 전원 On/Off를 위한 부품으로써, Matsushita사가 하이브리드 자동차용으로 400V 80A, 연료전지 자동차용으로 400V 300A의 고전압 릴레이를 개발하여 적용하고 있다. Omron사도 하이브리드 자동차용으로 250V 25A와 400V 60A 제품을 주축으로 400V 200A의 릴레이를 개발하였다.

Matsushita와 Omron사는 소형화 및 안전성을 갖춘 고전압 릴레이를 개발하기 위해 독자적인 캡슐형태의 접점과 Magnetic Blow-out System을 고안하여 자기구동력을 증대 시킴과 동시에 수소(H<sub>2</sub>) 가스를 이용하여 소호실내에서 발생하는 아크의 이동속도를 향상시켰다. 이러한 기술을 활용하여 단락 시 발생하는 사고전류의 차단시간을 단축시켜 고전압 릴레이의 성능을 향상시키고 있다. 그림 6은 사고전류 차단 시 고압 릴레이 내부에서 발생하는 아크의 이동을 고속카메라로 촬영한 것이다.

하이브리드 자동차용 파워 릴레이는 Arc 확산을 통한 신뢰성 확보뿐만 아니라 소음 저감 부분도 매우 중요한 기술이다. 대부분의 경우 접점부 기구 설계와 외부 하우징 최적 설계를 통하여 소음 문제를 해결하고 있으나, 아직까지 혁신적인 기술은 보이지 않고 있다.

### 2.5 전류센서

HCU(Hybrid Control Unit) 및 여러 제어기에 중요한 정보를 전달하는 전류 센서는 노이즈 저감을 위하여 Closed-type이 주로 사용되고 있으나, 가격을 낮추기 위하여 Open-type도 고려되고 있다.

하이브리드 자동차용 전류센서는 신뢰성 향상, 노이즈 저감과 단가 인하라는 모순을 기술적으로 해결하는 것이 가장 중요하다.

## 3. 친환경 자동차 및 부품의 미래

미래 친환경 자동차는 아래 그림 7과 같이 연료전지 자동차 또는 순수 전기자동차로 발전될 것이라 예측된다. 즉 완전 무

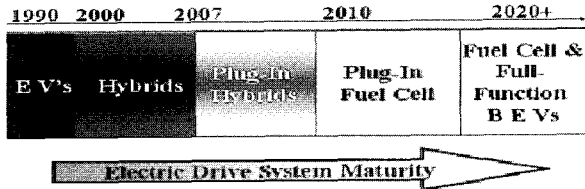


그림 7 친환경 자동차의 미래

공해 자동차로의 진화를 의미한다. 그러나 실용화 가능성 여부와 사회적 동의와 인프라 구축 등 많은 난제들이 기다리고 있는 것도 사실이다.

미래 친환경 자동차와 그 핵심 부품의 발전 방향과 예상되는 문제점을 정리하면 다음과 같다.

- X-by-wire 제품 신뢰성 확보를 통한 본격 상용화
- In-Wheel 구동 시스템 적용
- 차종 및 구동 시스템 다양화
- 전용 반도체 개발 및 전력 모듈 집적화/모듈화
- 무공해 방식의 수소 공급 시스템 구축 문제
- 무공해 방식의 전기 공급 시스템 구축 문제

#### 4. 결론

지금까지 하이브리드 자동차에 적용되는 공통 전장 부품의 기능과 주요 특성에 대하여 간략하게 알아보았다. 언급한 부

품 외에도 HCU, 구동 모터, 인버터, 배터리, 통합 냉각시스템 등 소개할 기술이 많지만 이러한 부품들은 이미 많은 전문가들에 의하여 여러 차례 소개되었기 때문에 본고에서는 잘 소개되지 않은 부품들을 선정하였다.

본고에서 언급한 부품들은 현재 국내 여러 업체들이 국산화 개발을 추진하고 있다. 국산화 성공을 위해서는 설계기술 확보도 중요하지만 특허 회피, 원가 절감 등 넘어야 할 난제가 많다. 우리나라 자동차 산업의 경쟁력 제고를 위해서 전력전자 관련 전문가들의 많은 관심과 참여를 기대한다. ■

#### 참고 문헌

- [1] 산업자원부, “미래형자동차산업기술로드맵”, 2006.
- [2] 산업자원부, “자동차 에너지효율향상 기술개발 기획보고서”, 2006.

#### 〈 저 자 소 개 〉



#### 양인범(梁仁範)

1972년 7월 19일생. 1996년 서울대 기계공학과 졸업. 1998년 GIST 기전공학과 졸업(석사). 1998년~현재 자동차부품연구원 선임연구원.