

하이브리드 전기자동차의 전기동력기술

김 호 기 / 현대기아연구개발본부 전기동력시스템개발팀, 수석연구원

2005년 2월 16일 기후변화협약에 따른 온실가스 배출의 감축의무를 규정한 교토의정서가 세계적으로 발효되었다. 각국은 의무화된 규제조항을 만족하기 위하여 새로운 친환경 사회 구축을 위하여 많은 노력을 기울여야 할 것으로 보인다. 우리나라도 예외는 아니어서, 온실가스 배출량이 세계 9위에 달하고, 전체 온실가스 배출량의 82.5% 정도가 에너지사용에 의한다는 점으로 볼 때, 환경규제에 대한 체계적인 대응이 필요할 때이다.

이러한 위기의식 속에서 자동차산업에서도 친환경 차량이 환경규제에 대한 해결책으로 제시되면서 개발 필요성이 부각되고 있다. 특히, 자동차에서 배출되는 이산화탄소는 전체 배출량의 27%를 차지하고 있으며, 배출가스에 포함된 질소산화물, 탄화수소 등도 지구환경을 오염시키는 주범으로 세계 각국에서는 이를 규제하는 조항을 법제화하고 있다. 또한, 한정된 석유 매장량에 비해 산업중진국의 빠른 성장 등으로 인하여 수요와 공급 간의 편차는 갈수록 늘어나 고유가의 열악한 산업 환경이 계속되고 있는 실정이다. 이는 효율이 높아 연료 소비량이 적거나 또는 다른 대체에너지를 동력원으로 하는 친환경 전기자동차 개발을 더욱 가속화시키는 역할을 하였다. 미국 캘리포니아에서는 지역에서 연간 4,500대 이상 판매업체에 대하여 금년부터 무공해차

량(ZEV : Zero Emission Vehicle)을 의무적으로 판매하도록 법규화 하였다. 이러한 변화로 볼 때, 친환경 전기자동차 개발은 현재와 미래에 새로운 시장성 확보를 위한 필수조건으로 자리매김하고 있어, 자동차 산업구조에 향후 많은 변화를 초래할 것으로 예상된다.

친환경 전기자동차에는 배터리를 동력원으로 하는 순수 전기자동차(EV : Electric Vehicle), 엔진과 별개의 동력원결합 형태인 하이브리드 전기자동차(HEV : Hybrid Electric Vehicle), 연료전지를 주전원으로 하는 연료전지자동차(FCEV : Fuel-Cell Electric Vehicle) 등이 있다. 이중, EV는 무공해차량으로 가장 오랫동안 발전되어온 반면, 배터리 성능의 한계를 극복하는데 여전히 어려움이 많다. 이러한 단점을 극복하고자 나온 방식이 HEV로써, 대부분 내연기관과 전기모터를

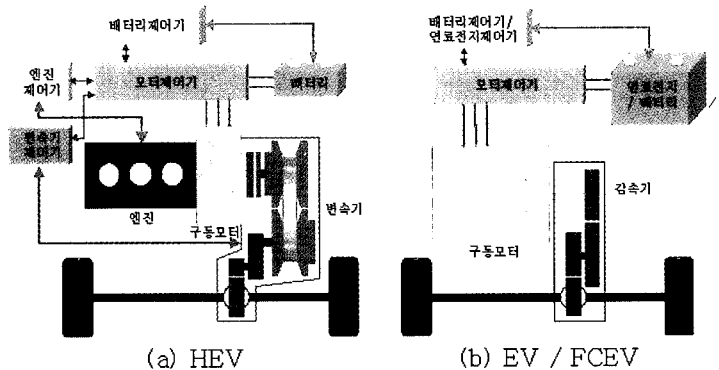


그림 1 친환경 전기자동차(EV, HEV, FCEV) 시스템구성도

함께 사용하여 성능과 연비를 향상시키는 방식이다. 연료전지자동차는 수소를 에너지원으로 사용하는 완전 무공해 시스템으로 수소인프라 사회로의 전환과 더불어 많은 각광을 받고 있다. 하지만, 워낙 고가이어서 실용화까지는 상당한 시간이 소요될 것으로 예상되며, HEV 양산 적용 이후에나 시장경쟁력을 확보할 것으로 예상된다.

따라서, 현 시점에서는 일반 내연기관차량 기술을 충분히 활용하면서, 기존 전기자동차가 지닌 단점을 극복하고 가격측면에서도 경쟁력을 갖춘 HEV가 가장 현실적인 구조라 하겠다. 또한, 환경친화 마케팅 효과가 커 세계 유수의 자동차 메이커가 앞 다투어 새로운 구조와 방식을 적용한 HEV를 소개하고 있다. 한편, HEV에는 기존의 내연기관 구조에, 에너지를 저장하고 공급하는 대용량 주 전원배터리, 토크를 발생시키는 구동모터와 모터제어기, 차량보조전원 충전용 직류변환장치 등의 전기동력부품이 신규 적용되어 있다. 따라서 기존의 엔진과 변속기 중심의 동력발생 및 전달 구조에 전기동력부품을 조합하여 운용하는 기술과 운전전략에 따라 다양한 형태의 HEV가 파생될 수 있다.

일반적으로 HEV는 동력전달 방식에 따라 직렬형, 병렬형, 복합형으로 구분된다. 직렬형은 엔진으로 발전기를 구동시켜 전력을 발생시키며, 구동모터는 생산된 전력을 받아 차량을 구동하는 방식이다. 이때, 엔진은 보조동력장치 역할을 하며, 내연기관 차량에 비해 엔진 크기를 줄일 수 있는 장점이 있다. 하지만, 직렬형은 동력전달구조 특성상 에너지효율 측면에서 불리

함이 있고, 배터리의 용량과 에너지밀도도 커져야 한다. 그러나 엔진이 일정영역에서 정속운전이 가능하여 소음, 진동, 배기가스 측면에서 이점이 있어, 최근에는 도심주행용 등으로 많이 개발되고 있다. 한편, 직렬형은 순수 전기자동차의 일충전 주행거리 한계를 개선하고자 개발되어 레인지 익스텐더(Range Extender)라고도 일컫는다. 이에 반해 병렬형은 엔진과 구동모터가 동시에 차량을 구동하는 구조로써, 엔진을 보다 효율 영역에서 운전할 수 있어 에너지효율이 직렬형에 비해 높은 편이며, 배터리 용량도 소형화할 수 있는 장점이 있다. 하지만 엔진, 배터리, 구동모터 등의 결합 특성을 고려한 에너지분배 및 동력분할이 필요하여 제어성이 복잡한 편이다. 한편, 병렬형에서는 구동모터가 엔진 동력을 보조하는 역할을 수행하여 파워어시스트(Power Assist) HEV라고도 불린다. 마지막으로 복합형은 직렬형과 병렬형을 결합한 방식으로 복잡하고 다양한 동력전달 및 단속구조로 연비 측면에서는 우월하나 사이즈가 크고 고가라는 단점이 있다. 특히, 효과적인 차량적용을 위해 동력발생장치와 전달 및 단속장치의 일체화 패키징 기술 및 조화로운 운전제어기술이 요구된다.

다음은 그림2와 같이 차량 운전제어 특성이 잘 나타나는 병렬형 HEV를 대상으로 각 운전모드별 동력전달, 에너지흐름, 구동품 운전특성 등에 대해서 살펴보자.

우선, 차량의 시동은 주 전원 배터리의 에너지를 받아 구동모터가 직접 엔진을 크랭킹함으로써 이루어지

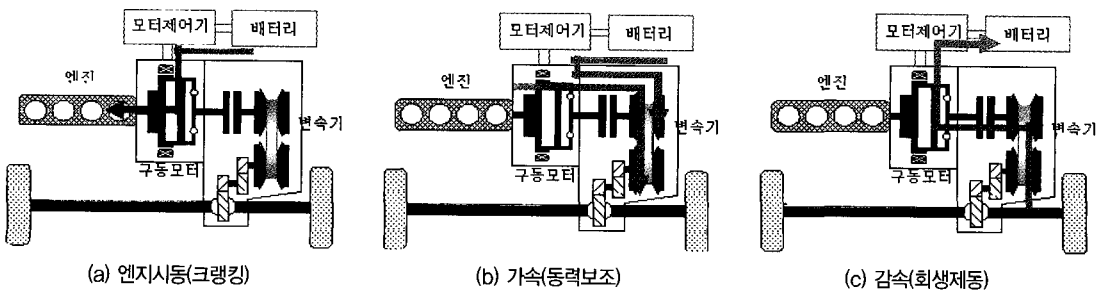


그림 2 운전모드별 에너지 흐름

는데 기존의 시동모터(14V)의 역할을 대신하는 반면, 배터리의 SOC(State of Charge)가 낮거나 극저온(영하 30도) 시동상태 등을 대비하여 시동모터를 장착하는 경우가 대부분이다. 시동후 차량이 가속을 할 경우에는, 구동모터가 배터리로부터 전원을 받아 동력을 발생시켜 엔진을 보조하게 된다. 대부분의 엔진이 가속 구간에서 과도한 엔진운전으로 인한 불완전 연소라는 비효율 특성을 전기모터의 저속 고토크 특성이 보완해 주어 결국 연비를 향상시킬 수 있게 된다. 통상 주행시에는 일반적으로 고속에서 효율이 뛰어난 엔진만으로 차량을 구동시키게 되며, 추월 등의 급가속이 필요시에는 구동모터가 동력을 보조해준다. 차량 감속시에는 구동모터가 발전기 역할을 수행하여 발생하는 에너지를 회수하여 배터리를 충전하게 된다. 이를 회생제동(Regenerative Braking)이라하며, HEV의 연비를 향상시키는 중요한 기능에 해당된다. 한편, 차량이 완전 제동상태가 되면, 기존 차량에서 엔진이 아이들링을 하는 반면, HEV는 엔진이 작동을 멈추게 되며 재시동은 구동모터로 빠르게 이루어진다. 이를 아이들 스탑/스타트(Idle Stop and Start)라하며, 도심 주행 등에서 빈번히 발생하는 차량의 일시정지 등에서 불필요한 엔진운전을 막아 연료소모 및 배기가스 배출 억제라는 효과를 얻게 된다.

마지막으로, HEV의 주행제어 전략 및 기법에 대해서 살펴보도록 하자. 기존 내연기관 차량이 운전자의 페달 입력, 차속, 변속비 등을 조절하는 정도라면, HEV에서는 전기모터 및 배터리라는 신규부품이 추가되어, 이들을 운전자의 요구사항 및 연비향상 등의 목적에 맞게끔 적절하게 운용하는 전략이 필요할 것이다. 여기에서는 HEV에서의 특징적인 주행제어 전략위주로 다루고자 한다.

첫째로, 앞서 언급한 아이들 스탑/스타트 제어전략으로 차량이 재출발할 때 과도한 충격 없이 부드럽고 빠른 시동이 관건이다. 기존의 차량에서 시동모터(14V)의 용량으로 재시동을 하기에 무리가 있는 반면, HEV에서는 높은 기동토크와 빠른 응답성으로 신속한 재시동이 가능하다. 아이들 스탑/스타트 기능은 HEV의 연비를 향상시킬수 있는 대표적인 제어전략으로 통

상 5~7% 정도의 효과가 있다. 두 번째로는 파워어시스트 제어전략으로, 일반적으로 엔진용량이 차량의 모든 동력 요구량을 만족하기 위해 선정되어 실질적으로 주행에 필요한 동력 수준보다 3~5배 정도 커 대부분 효율이 낮은 저출력영역에서 운전되는 단점을 전기모터가 동력을 보조함으로써 보완하는 기능이다. 이를 통해 엔진 용량을 적게 할 수 있어 전체적인 사이즈와 무게가 줄어들고 엔진 작동 효율도 상승하여 전체적으로 연비상승의 효과가 있다. 또한, 운전자의 급격한 동력 요구량에 대해서도 구동모터가 신속하게 대처하여 기존차량에서 나타나는 엔진의 급격한 변동 등으로 인한 연료소모량과 배기가스 배출량 증가를 방지할 수 있다. 셋째는, 회생제동 제어전략으로 기존차량이 감속 에너지를 브레이크에서 마찰을 통한 열에너지로 발산하는 반면, 발생에너지를 회수하여 동력원으로 재활용함으로써 연비를 향상시키는 개념이다. 즉, 감속을 위해 운전자가 브레이크 페달을 밟게 되면, 구동모터는 발전기역할을 하여 회수된 에너지로 배터리를 충전시키게 된다. 연비상승 효과는 모터와 배터리의 용량 및 상태에 따른 회생 에너지량과 회수율에 관련이 있는데 대체로 5~6% 정도의 효과가 있다. 아울러, 운전자는 대체로 제동감에 민감한 편이어서, 마찰브레이크 용량을 적절히 조절하고 분배할 수 있는 설계가 필수적으로 뒷받침되어야 한다. 마지막으로 로드레벨링(Load Leveling) 제어전략으로 엔진, 모터, 배터리, 변속기 등의 차량 구동과 관련된 구성품의 사용부하를 전체 차량시스템의 운전효율을 향상시키는 방향으로 적정 분배하는 개념이다. 즉, 구성품의 운전효율 특성 및 에너지흐름을 고려하여 운전전략 수립 및 단품 사양이 결정되므로, 궁극적으로 완성 차량의 성능과 효율을 극대화시킬 수 있다. 다만, 로드레벨링 제어효과를 충분히 얻기 위해서는 모터, 배터리 등의 용량이 큰 경우로 전체 시스템 가격이 증대되는 단점이 있으므로, 초기 용량 선정 단계에서 목표성능과 시스템 가격을 함께 반영해야할 것이다.

지금까지 살펴본 바와 같이, HEV는 시스템 구성 및 제어관점에서 차량성능과 연비를 향상시키는 목적에 초점이 맞추어져 있어, HEV 기술력과 상품성 가치는

신규로 적용되는 전기동력부품과 관련 전기전자기술에 달렸다고 해도 과언이 아니다. 지금부터 HEV를 구성하는 대표적인 전기동력부품 및 관련기술에 대하여 상세히 알아보자.

구동모터

그림 3에 나타난 HEV용 전동식파워트레인에서 구동모터는 차량 성능 개선을 위한 고효율화 및 차량내 공간효율 증대를 위해 컴팩트할 필요가 있는데, 이는 곧 높은 출력밀도(단위 체적당 발생출력) 의미하며, 여러 종류의 모터 중에서 영구자석 교류모터(Permanent Magnet AC Motor)가 주로 적용되는 이유가 된다. 영구자석 교류모터는 고에너지밀도를 지닌 희토류계(Rare-Earth) 자석을 사용하는 구조로써, 자석결합 형태에 따라 표면부착형(Surface Mounted Type)과 매입형(Interior Buried Type)으로 나뉘는데, 차량 구동 환경에서의 구조적 안정성 및 넓은 속도영역 운전의 장점을 지닌 매입형이 주로 사용된다. 한편, 매입형 영구자석 교류모터는 주로 회전자 자극 형태에 따라 블록형, 아크형, V형 등으로 나뉘며, 약제자제어 성능 향상을 위해 다층구조 형태를 지니기도 한다.

영구자석 교류모터는 구성하는 부품 특성에 많은 영향을 받는데, 소재성능 발전이 곧 모터 성능으로 이어

지는 추세이다. 주요 부품으로는 영구자석, 전기강판, 권선코일, 위치센서 등이 있으며, 국내 일반산업계에서 오랜 기간 동안 활용도가 높은 반면, HEV용 고급소재의 국산화 개발은 상대적으로 저조한 실정이다.

영구자석은 모터 성능에 직결되는 요소부품으로, 에너지가 높은 희토류자석 중 네오디뮴계열(NdFeB)이 주로 이용되며 높은 보자력 및 잔류자기, 내열 내식성이 우수한 제품이 사용된다. 최근에는 자석 표면의 코팅 재질 및 공정에 대한 개선이 활발히 이루어지고 있다. 전기강판은 교류모터용으로 적합한 높은 허용자속량과 저철손(iron Loss) 특성을 지닌 두께 0.5mm이하의 규소강판(Silicon Steel)이 주로 사용된다. 이와 더불어, 타발용 프레스금형 제조기술, 인터락(Interlock) 및 정렬 적층 기술 등도 모터코어용 전기강판의 핵심기술에 해당된다. 권선코일은 우수한 내열성 및 피막 밀착성과 더불어 소손이 적은 제품을 사용하는데, 특히 조립성 측면에서 내마모성이 많이 강조되며, 고전압의 수 kHz 이상의 PWM 스위칭 노이즈 및 서지(Surge)로 인한 부분방전 등에 절연내력이 강한 제품이 선호된다. 마지막으로 회전자 위치검출용 센서로는 넓은 속도 영역에서 환경성과 분해능이 우수한 레졸버(Resolver)가 흔히 사용되는데 고가라는 단점이 있다.

이와 같은 소재로 구성되는 HEV용 모터의 설계는 궁극적으로 차량의 연비를 향상시키는 방향으로 이루어

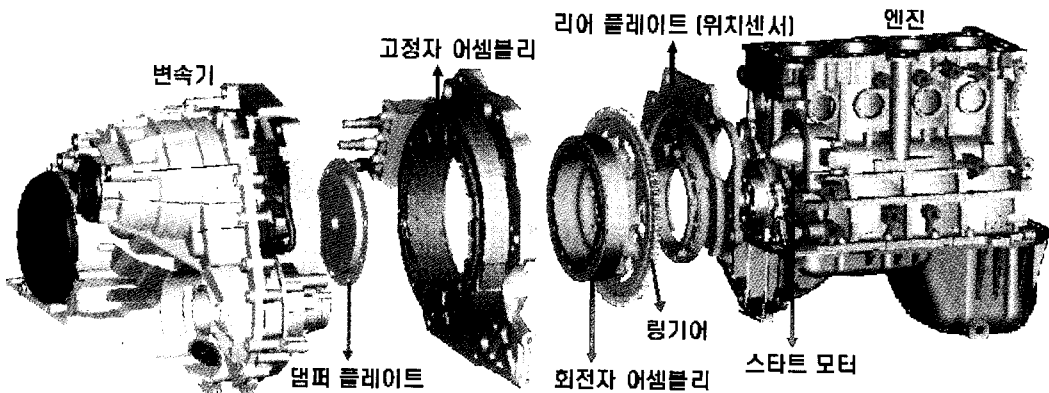


그림 3 HEV용 전동식파워트레인

어려야 하는데, 차량이 실도로 주행시 하이브리드 운전 제어 전략에 따라 모터가 가장 빈번하게 사용하는 운전영역에서의 고효율화가 필수적으로 반영되어야 할 것이다.

한편, HEV용 매입형 영구자석 교류모터의 특성상 국부 자기포화(Magnetic Saturation)현상이 두드러지는데, 모터를 구성하는 소재 및 구동환경의 정확한 모델링과 더불어 고정밀 비선형 자계해석이 필수적으로 수반되어야 할 것이다. 이를 통하여 구동모터의 운전 특성과 효율분포를 시스템 고효율화 및 차량 연비 개선에 맞춤형으로 최적설계 할 수 있는 기반기술을 확보할 수 있다.

향후, HEV 전기구동력 증대 추세에 따라, 모터는 고출력화, 고성능화 및 고품질화, 동시에 소형경량화 및 원가절감이라는 상반된 두가지 목적을 동시에 부합해야 하는 과제를 안고 있다. 아울러, 궁극적으로 모터 특성이 차량 운전제어 특성과 더불어 차량 성능으로 이어진다는 점에서 모터의 핵심 노하우 기술관리가 철저히 이루어져야 할 것이다.

모터제어기

모터제어기는 원하는 회전속도와 토크를 출력하도록 모터를 제어하는 장치이다. 전기에너지 공급원인 배터리는 일정 전압의 직류를 출력할 수 있는 반면, 출

력장치로는 3상 교류모터가 사용되기 때문에 배터리 전원을 모터에 직결하는 것으로는 모터의 회전수와 출력을 원하는대로 조절하는 것이 불가능하다. 따라서 전압의 형태와 크기를 가변시켜 모터에 공급함으로써 제어를 수행하는 모터제어기(MCU: Motor Control Unit)가 사용되어야 한다.

모터제어기의 내부는 인버터(inverter)와 제어기의 두 부분으로 구성된다. 인버터는 직류전원을 3상 교류전원으로 변환하는 회로로서 전력용 반도체소자 6개로 구성되며, 각 소자를 스위칭 함으로써 출력 전압의 형태와 크기를 가변시켜 모터로 향하는 전력의 흐름을 조절한다. 제어기는 모터 제어에 필요한 연산처리와 차량내 각종 입출력 신호를 처리하는 하드웨어로서 중앙연산처리장치(CPU)와 주변회로로 구성되며 제어로직 소프트웨어가 내장된다.

그림 4에 나타난 HEV용 모터제어기의 인버터 용량은 통상 10~50kVA, 스위칭 주파수는 1~20kHz의 범위에 있다. 인버터 회로는 전력용 반도체 소자, 게이트 구동회로와 평활용 캐패시터로 구성된다. 전력용 반도체는 통상 개별부품 보다는 6개 또는 그 이상의 소자를 하나의 패키지로 묶은 모듈 형태로 사용된다. 다양한 종류의 전력용 반도체 중에서 수십~수백kW의 응용에 적합한 IGBT(Insulated-Gate Bipolar Transistor)가 대부분 사용되며, 차량용 IGBT는 일반 산업용 보다 고효율 및 높은 내환경성이 요구되므로 손실 저감, 스위칭

특성 개선, 패키징 개선, 다기능화 측면에서 차량 응용에 적합하도록 개발되고 있다. 특히 다기능화 측면에서도, 패키지 내부에 IGBT 구동 및 고장진단 회로 및 사용자 요구 기능을 내장시킨 주분형의 지능형 전력용 반도체 모듈(IPM: Intelligent Power Module)이 적용되고 있다.

HEV용 모터제어기의 중앙연산처리장치(CPU)는 모터의 구동 제어와, 차량 신호 처리, 시

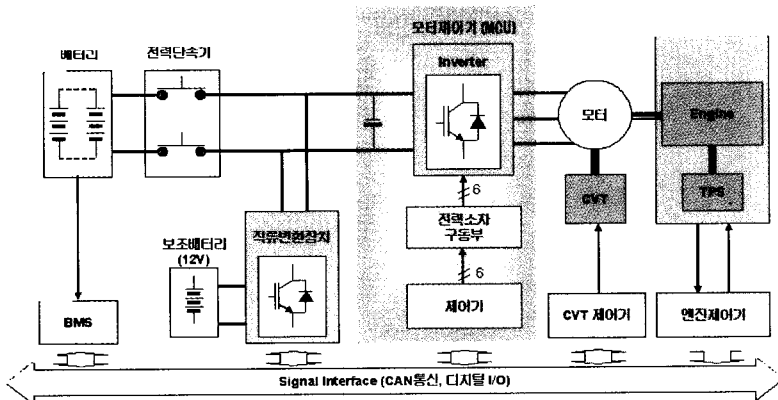


그림 4 HEV 시스템 구성도

스텝 보호/감시 등의 다양한 기능을 수행하고 있는데, 향후 최적제어, 인공지능 등 고성능 모터 제어를 위한 최신의 제어이론을 수용하기 위해서 32비트 RISC(Reduced Instruction Set Computer) 또는 DSP(Digital Signal Processor)의 적용이 보편화되고 있다. 한편 하이브리드 전기차에는 배터리, 엔진, 모터, 차량 등에 많은 수의 제어기가 사용되고 있는데, CPU의 성능 향상을 기반으로 시스템의 최적화 측면에서 하나로 통합하려는 시도가 진행되고 있다.

전력용 반도체, 마이크로프로세서 그리고 각종 제어이론의 발달에 힘입어 교류모터의 제어기법은 눈부신 발전을 거두고 있으며, 발생토크를 순시적으로 정확하게 제어할 수 있도록 자속기준제어(Field Oriented Control)가 보편화되어 있다. 한편, 자동차 응용분야에서 기계적 진동 또는 전자기적 노이즈에 대하여 가장 취약한 부분 중의 하나인 모터 속도측정장치를 궁극적으로 삭제하려는 센서리스(Sensorless) 제어기법에 관한 연구가 세계적으로 활발히 진행중이나 그 특성에 있어서 한계가 있을 뿐만 아니라 특히 자동차의 안전상 문제로 인해 아직 실제 적용은 요원한 상태이다.

직류변환장치

직류변환장치는 하나의 직류전압을 다른 전압 범위

로 변환시켜서 전력을 전달하는 장치로서, 보조전원용 14V 배터리 충전과 라디오, 와이퍼와 같은 14V 전장부하에 에너지를 공급하는 역할을 한다. 기존 차량의 경우, 엔진과 연결된 알터네이터(alternator)가 발전기로 동작하여 DC전압을 발생시켜서 14V 배터리를 충전한다. 이때, 알터네이터는 엔진의 회전속도와 주위의 온도에 따라 출력 특성이 매우 민감하게 변화 할뿐 아니라, 엔진에 지속적인 부하로 동작하여 연비를 저하시킨다. 특히, HEV에서 연비 향상을 위해 필수적인 아이들 스톱 상태에서 알터네이터는 배터리를 충전하지 못하는 문제점이 있다. HEV에서 직류변환장치는 고전압 대용량 주전원 배터리를 입력 전원으로하여 전압을 변화시켜 보조전원용 14V 배터리를 충전함으로써 알터네이터 역할을 대신한다. 알터네이터와 비교하여 직류변환장치는 출력특성이 온도에 거의 영향을 받지 않고, 엔진 속도와 무관하게 동작할 수 있으므로 아이들 스톱 모드에서도 전장부하에 에너지 공급 및 14V 배터리 충전이 가능하다. 또한, 제동시에 구동모터와 모터 제어기를 통해 주전원 배터리에 저장된 잉여 에너지를 이용하여 14V전원을 공급하므로 연비 향상에도 도움이 된다.

직류변환장치는 그림 5와 같이 파워 스위칭 소자(MOSFET/IGBT등), 트랜스포머(Transformer), EMI 필터, 전자 제어 장치로 이루어진다. 그림5(a)는 직류변

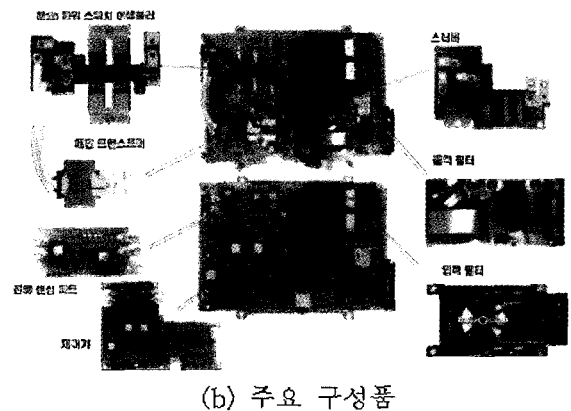
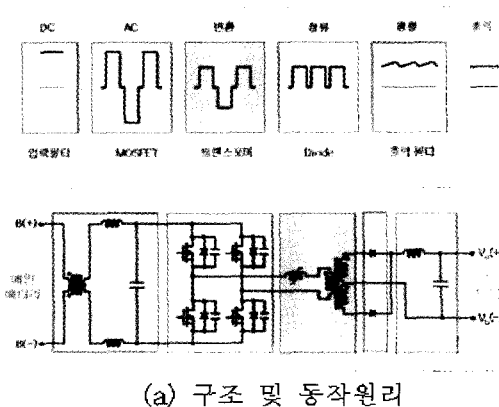


그림 5 HEV 보조전원 충전용 직류변환장치

환장치의 전기적인 구조와 동작원리를 보여준다. 입력 DC 전압은 스위칭 소자를 통해서 펄스와 형태로 변환되고, 트랜스포머와 정류부를 거치면서 다른 범위의 DC전압값으로 바뀌게 된다. 연비 개선 및 열발생 저감을 위해서 ZVS(Zero Voltage Switching) 테크닉을 이용하여 스위칭시에 발생하는 에너지 손실을 저감시키고, 매우 높은 주파수로 스위칭하여 펄스와 형태로 만듦으로써 트랜스포머 및 인덕터 등 주요 부품의 사이즈와 무게를 줄여서 차량의 무게, 연비, 성능 향상을 추구하는 방향으로 개발되고 있다. 그림5(b)는 제작된 직류변환장치의 일례와 각 부품의 제작 모델을 보여준다. 스위치(MOSFET)는 차량의 강한 진동을 견디기 위해서 어셈블리(Assembly) 형태로 개발되며, 트랜스포머는 사이즈 저감 및 고효율화를 위해 버스바(Bus Bar)를 이용하며, 입력필터는 일체화를 통해 내진동성과 양산성을 높이고, 제어장치는 스위치와 거리를 두어 노이즈에 대한 내성을 강화시키는 구조로 개발된다.

과거 이용되었던 기계식 제어 장치는 제어정밀도 향상, 성능향상 등의 이유로 현재 대부분의 차량에서 전자 제어 장치로 이미 대체되었고, 근래 고객의 편의를 위해서 차량용 고풍력 AV시스템, 내비게이션, 전동식 샤시 등 전자장비의 비중이 매우 커지고 있

다. 향후에는 과거 차량에 비해 14V 보조전원의 소모 용량이 상당히 커질 것이 예상되며, 아울러 에어백 지능제어 장치, 차량거동제어, 엔진 제어 장치와 같이 운전자의 안전과 직결되는 부품들의 전원으로 사용된다는 점에서 14V 전원을 안정적이며 동시에 고효율로 공급하는 전력변환 장치의 설계 및 양산 기술 관리가 매우 중요하다.

배터리시스템

배터리시스템은 하이브리드 차량에서 주행 중 엔진의 구동력을 보조하는 구동 모터에 전기 에너지를 공급하는 장치로서, 최소 직류 전압이 약 100V 이상이고 충/방전되는 최대 전류가 약 100A 이상에서 제어되는 고 에너지 저장 시스템이다. 특히 안정적인 전력제어를 위하여 차량 내부의 타 제어시스템(구동시스템, 차량제어시스템, 냉각시스템)과의 상호 통신을 통하여 차량 운행 및 안전 제어를 위한 배터리 상태 정보를 제공하며, 배터리 보호를 위한 냉각 및 입/출력 제한 등 차량 운영에 필요한 최적 동작환경을 조성하기 위한 제어를 수행한다. 일반적으로 배터리시스템은 그림 6 과같이 직접제어 대상인 배터리와 이를 관리하기 위한

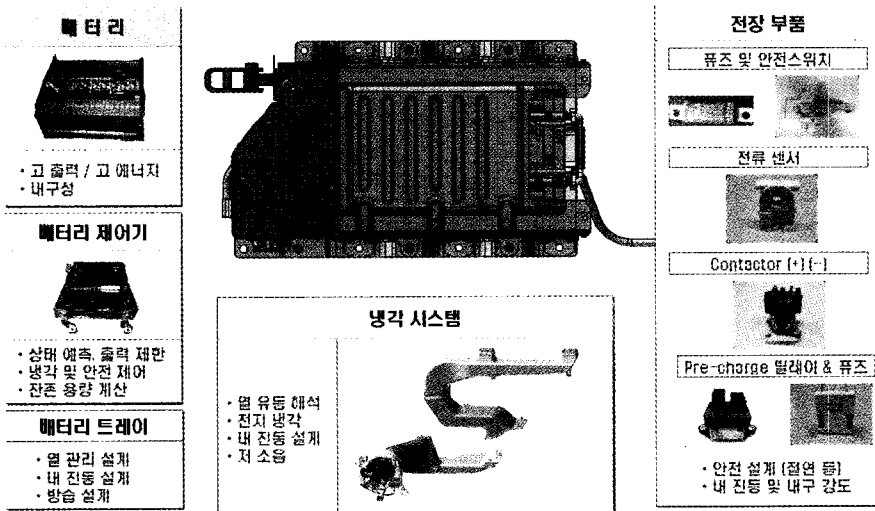
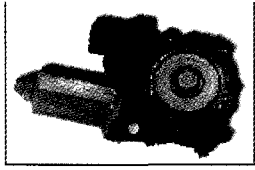
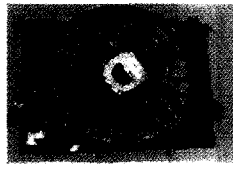


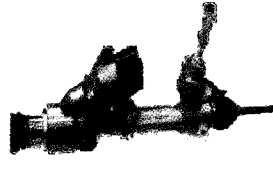
그림 6 배터리 시스템 구성도



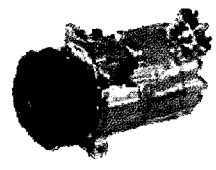
Anti-Pinch 파워윈도우



PWM 엔진쿨링팬



전동식 파워스티어링



전동식 컴프레서

그림 7 차량적용 Motorized System

시스템인 배터리 트레이, 배터리 제어기, 냉각 시스템, 전장품과 그 주변 장치 등으로 구성 되어 있다.

우선, HEV용 배터리는 전기자동차에서 주행거리를 결정하는 용량적인 요소보다는 가/감속 등 엔진을 보조하기 위한 출력 특성을 중요시 하고 있으며, 현재 가장 일반적으로 사용되고 있는 니켈-수소(Ni-MH) 배터리가 주류를 이루고 있다. 배터리 트레이는 배터리와 그 주변 시스템을 둘러싸고 있는 케이스로서 설계 시 차량에서의 공간 확보 및 장착 성능, 운행 중 차량 진동이나 충격을 대비하기 위한 강도 및 내 진동 성능, 배터리 냉각을 위한 열 유동성 등을 설계하여야 한다. 배터리 제어기는 배터리로부터 물리적인 양인 전압, 전류, 온도를 측정하여, 그 값을 이용하여 배터리의 잔존용량인 SOC(State of Charge)를 계산하고, 배터리의 상태 판단하여 타 제어기와 의 통신을 통한 안전 및 입/출력 제한 제어를 한다. 냉각 시스템은 폐공간인 트레이 내부에서의 배터리가 외부로부터의 영향과 충전 및 방전 시 자체적인 화학적 반응에 의해 발생한 열을 냉각시키기 위한 장치로서 고온에서의 안전성 확보 및 효율적 배터리 제어를 위하여 적절한 냉각 시스템의 적용이 필요한데 공랭식이 일반적이다. 마지막으로, 전장품과 그 주변 장치는 배터리로 입출력되는 전류를 측정하는 전류센서, 온도측정을 위한 온도센서, 전압 측정을 위한 전압 센서와 과전류 차단을 위한 퓨즈 및 안전을 위한 차단기 등의 단품 등으로 구성되어 있다.

구성요소 중 핵심인 배터리는 니켈-수소(Ni-MH)형이 1990년대부터 HEV용으로 개발되어 현재 세계적으로 양산 적용되고 있다. 향후, 단위 질량 대비 고 출력, 고밀도의 리튬-이온 전지(Li-PB)가 차세대 배터리로 각광받을 것으로 예상되며, 특히 충/방전 출력특성이 우

수한 슈퍼커패시터 등도 대안으로 제시되고 있다.

차량 메카트로닉스

HEV의 대용량 고압 전원시스템과 전기전자 부품 기술의 발달로 인하여, 기존의 기계식 방식의 자동차 부품이 전동식으로 대체하는 움직임이 활발하다. 특히, 전동모터의 고출력화, 전자부품의 제어용이성 등으로 인하여 다양한 기능 구현과 고효율 운전이 가능하게 되었다. 일례로 기존 차량에서 엔진에 폴리벨트로 연결되어 구동되는 에어컨 컴프레서가 HEV에서 전동식으로 바뀌면서 엔진과 분리되어 독립운전이 가능하여, 차량구동성능과 연비향상에 많은 기여를 하였다. 그 외에도 조향시스템, 제동시스템, 전장과 공조시스템 등에서도 기술신뢰성과 안정성 기반의 Motorized System(그림 7)으로 진화가 빠르게 진행되고 있다.

이 외에도 TTP(Time Triggered Protocol), Flexray 등 차량용 고속통신프로토콜과 맞물려 개발되고 있는 By-Wire 기술은 전자시스템의 기능을 극대화한 것으로 향후 다양하고 복잡한 운전자의 요구를 충족시킬 것으로 기대된다. 이를 위해 전동부품의 기술표준화와 부품 단계의 염가생산 및 안정적 공급체계 확충 등이 과제로 남아있으며, 궁극적으로 전기전자 기술이 집약된 자동차시스템의 고효율화로 인한 경제적 이점을 충분히 접할 것으로 기대된다.

이상과 같은 전기동력부품은 HEV 성능을 결정하는 핵심 요소로서, 차량 성능 극대화 및 신뢰성 기반의 기술안정화를 위해서는 각 모듈이 유기적으로 결합되는 조합기술 및 차량탑재기술 등이 병행해서 개발되어야 할 것이다. 아울러, HEV의 제조 경쟁력 및 원가절감

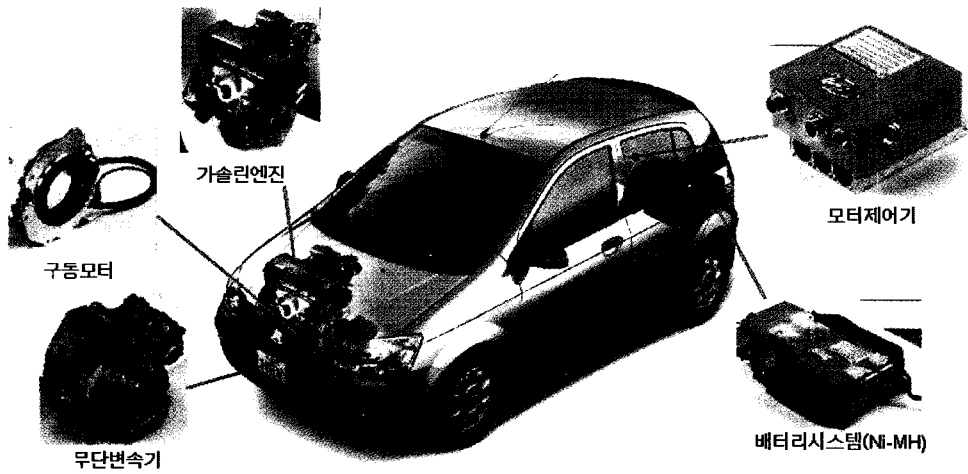


그림 8 현대자동차의 클릭 HEV 및 전기동력

등을 위하여 핵심 공정 국산화도 뒷받침되어야 할 것이다. 이를 위해서 고성능소재의 핵심 원천기술 확보, 과감한 제조공정 설비투자를 통한 생산성 증대, 기능 부품 모듈화 공급체계 구축 등의 노력이 필요하다.

HEV 미래전망 및 글로벌 경쟁력

HEV는 기존의 내연기관 차량에 전기전자 부품이 새롭게 추가되면서, 고기능 연비강화 및 친환경이라는 의미로 자동차 시장의 새로운 패러다임을 열고 있다. 특히, 기술의 고유성과 집약성으로 인하여 거대 자본의 빅 메이커를 중심으로 한 국제 표준화와 시장 선점이 주도되고 있으며, 고부가가치의 핵심 기술을 보유하고자 국가간 치열한 경쟁이 벌어지고 있는 실정이다. 2010년경에 HEV 시장이 전체 자동차 시장의 20%에 달한다는 예측을 보더라도, 향후 미래가치창출 거점화를 위한 핵심 노하우 기술 확보와 시장 우위를 위한 경쟁은 가속화 되리라 예상된다.

이에 대응하는 글로벌 경쟁력을 갖춘 HEV 국산화 기술 배양을 위해서는 체계적인 중장기적 추진전략과 핵심역량 강화에 집중화해야 할 것이다. 이를 위해, 친환경차량 비즈니스 모델링 기반의 혁신적 연구개발 체제구축, 주도적인 HEV 표준화 및 시장참여, 관련 산업

인프라 확충 등이 필수적이다. 아울러, 중장기적인 정부주도의 조직적인 지원체제도 마련되어야 하는데, 미국의 FreedomCAR, EU의 Framework Program 등에서 보더라도, 정부?기업?연구소 등이 참여하는 통합적 협력체계가 또 하나의 경쟁력으로 작용한다. 특히, 친환경차량의 세제지원 등의 혜택은 관련 산업 활성화 효과로 이어져, 장기적 안목의 핵심요소기술개발 투자확충을 가속화하는 밑거름이 될 수 있다. 국내에서도 HEV 기술은 “차세대 성장동력산업”으로 선정되어 국책 프로젝트로 추진되고 있어, 산학연의 지속적인 관심과 참여를 통하여 미래 안정적인 기반기술 자립화를 바탕으로 한 국가경쟁력을 강화하게 될 것이다.

한편, 2004년 10월 현대자동차에서는 “클릭(Click)”을 기반으로 한 양산용 HEV를 국내 최초로 소개하였다. 1.5L 고성능 가솔린엔진, 12kW급 고효율 구동모터, 무단변속기, 용량 배터리 등을 적용하여 기존 차량의 연비를 50%이상 향상 시킨 국내의 독자 HEV 기술을 자랑하였다. 현재는 환경부와 더불어 국내 시범 운행 프로그램을 진행 중이며, 기술의 안정성과 실용성을 검증받고 있어 머지않아 본격적으로 기존 차량과 당당히 세계시장에서 경쟁하는 국산 HEV를 선보이게 될 것이다.