

# 하이브리드 자동차용 고출력밀도 HPCU 개발

김 범 식

(현대자동차 책임연구원)

하이브리드 자동차(HEV)는 가솔린 혹은 디젤 엔진 등을 탑재한 자동차에 하이브리드 전용부품인 PE(Power Electronic) 부품이 추가되어야 하므로, 소형 및 경량화에 따른 고출력화로 기술 발전이 이루어지고 있다. 본 논문에서는 2세대 소나타 HEV의 HPCU (Hybrid Power Control Unit)가 1세대 소나타 HEV의 HPCU 대비하여 어떻게 고출력 밀도 및 소형화를 이루어 냈는지에 대해서 중점적으로 기술하고자 한다.

## 1. 서 론

최근 자동차 시장의 흐름은 고연비, 친환경 차량 중심으로 빠르게 성장하고 있다. 그와 더불어 시장 상품성도 점점 더 발전하고 있지만 아직까진 가솔린, 디젤 차량들에 비해 핵심 부품들의 원가 경쟁력은 많이 부족한 것이 현실이다. 이러한 원가경쟁력을 획기적으로 개선하기 위해서는 독립형으로 구성된 각 제어기들의 통합 설계는 선택이 아닌 필수가 되었다. 본 논문에서는 친환경 차량의 파워트레인이며 전력 변환을 담당하고 있는MCU(Motor Control Unit), LDC(Low Voltage DC/DC Converter), HCU (Hybrid Control Unit)를 통합한 HPCU (Hybrid Power Control Unit)의 설계 개발 안을 기술하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 개발 목표

2세대 소나타 HEV의 HPCU는 개발목표 선정 시 1세대 소나타 HEV 대비하여 출력이 상승한 상황에서 오히려 사이즈 및 중량에서 20% 절감하는 목표를 정하였다. 2세대 소나타 HEV는 1세대 소나타 HEV 대비하여 표 1과 같이 개발 목표를 선정하였다.

### 2.2 개발 내용

본 논문에서는 사이즈 및 중량 축소의 대표적인 내용인 통합 제어기 플랫폼 기술, LDC 토폴로지 변경 및 최적화, 하우징 최적화, DC J/BOX 최적화안에 대하여 설명하고자 한다.

#### 2.2.1 제어보드 통합

##### 2.2.1.1 제어보드 통합 개발 컨셉

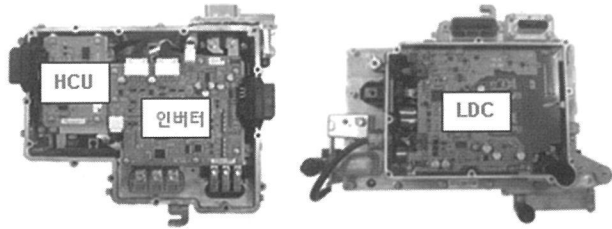
1세대 소나타 HEV HPCU는 아래 그림 1에서처럼 인버터, LDC, HCU의 세가지 독립형 제어기로 구성되어 있으며 2개의 패키지로 분리되어 있다. 그러나, 2세대 소나타 HEV에서는 기능별로 분리된 각각의 제어기를 하나의 제어기로 통합하여 개발하는 컨셉으로 개발 방향을 선정하였다

##### 2.2.1.2 제어보드 통합에 따른 효과

통합 보드로 설계됨에 따라 재료비 측면에서는 1세대 소나타 HEV 대비 약 42.6%정도가 절감되는 효과를 가져왔다. 1세대 소나타 HEV HPCU에서는 제어보드 총 중량 대비 2세대 소나타 HEV HPCU의 통합보드에서는 약 38% 경량화하였고, 제어보드 면적은 1세대 대비 2세대 소나타 HEV 용

표 1 1세대 소나타 HEV 개발현황 및 2세대 소나타 HEV 개발목표

구분	1세대 SONATA HEV 개발현황	2세대 SONATA HEV 개발목표	
패키지	구성품	인버터+HCU+ LDC	
	위치/냉각	엔진룸/수냉	
	사이즈	11.0 l	20% ↓
	중량	12.6kg	20% ↓
	출력밀도	13.5kVA/L	20% ↑
출력	모터	30kW	38kW
	HSG	8.5kW	←
	LDC	1.8kW	←



별도 제어기 구성 (인버터/LDC/HCU)

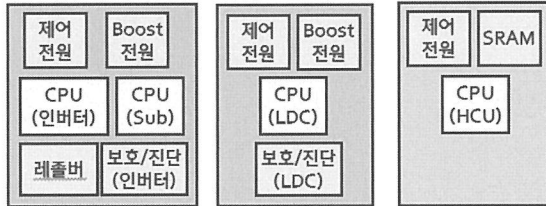


그림 1 1세대 SONATA 별도 제어기 구성안

표 2 제어보드 최적화 설계 내용

	1세대 소나타 HEV	2세대 소나타 HEV
보드류	HPCU 상면 LDC HPCU 하면 HCU 인버터 2-인버터, LDC, HCU 개별제어기	중심 제어부 HCU 인버터 2-인버터 + LDC + HCU 통합제어기
보드 구성	개별보드	통합보드

에서 약 63% 축소하여 최적화 설계가 진행되었다.

위의 표 2는 제어보드 최적화 설계에 대한 내용이다.

### 2.2.2 LDC 토폴로지 변경 및 최적화

1세대 소나타 HEV HPCU LDC에서는 출력 인덕터를 2개 사용하는 Phase shift full bridge Current Doubler 를 적용하였으나, 2세대 소나타 HEV HPCU LDC에서는 Phase shift full bridge Center tap 구조를 적용하여 출력 인덕터가 1개로 축소되었다.

또한, 입력단 CT를 통하여 소자보호와 입력모니터링을 로직으로 구현함으로써, 1세대 소나타 HEV LDC에 적용되었던 출력전류센서를 삭제하였다.

2세대 소나타 HEV LDC전체적으로는 제어보드 및 차폐판 삭제에 따라LDC높이가 기존대비 31.7% 감소되어 LDC전체적인 부피 측면에서 29.3%가 감소되는 효과를 가져왔다. 표 3은 1세대 소나타 HEV LDC 와 비교하여 2세대 소나타 HEV LDC 토폴로지 변경 및 최적화에 대한 상세내용이다.

표 3 LDC 토폴로지 변경 및 최적화

	1세대 소나타 HEV	2세대 소나타 HEV
LDC		
토폴로지		
출력	1.8KW	←

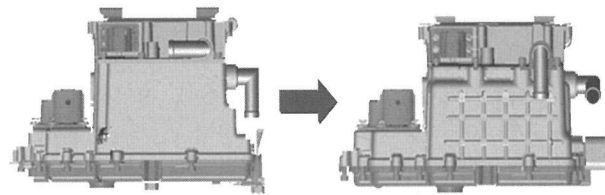


그림 2 HPCU 하우징의 두께 축소

표 4 DC J/BOX 최적화 설계 내용

	1세대 소나타 HEV	2세대 소나타 HEV
DC J/BOX		

### 2.2.3 하우징 최적화

1세대 소나타 HEV HPCU 하우징대비 2세대 소나타 HEV HPCU에서 기본 두께를 축소하여 설계를 진행하게 됨에 따라 1세대 소나타 HEV HPCU 하우징과 동일하게 사이즈로 설계된 초도 설계 모델과 비교하면 상대적으로 기본적인 구조적인 강성이 저하된다. 이를 개선하기 위하여 해석적 기법으로 취약한 부분을 찾아냈고, 이 취약 부분에 대해서 그림 2의 우측 그림과 같이 개선하였다. 초기 두께 사이즈의 설계 대비 중량저감이 23% 축소를 이루어 냈으며, 진동/내구성에 대한 성능은 초기 두께사이즈 기반의 하우징과 동등 수준을 유지할 수 있었다.

### 2.2.4. DC J/BOX 최적화

HPCU에는 고전압배터리에서 전력을 공급받아 인버터 및 에어컨으로 전력을 분배해주는 DC J/BOX가 있다. 개발 완료된 DC J/BOX는 부피에서 35%, 중량에서는 11% 감소되

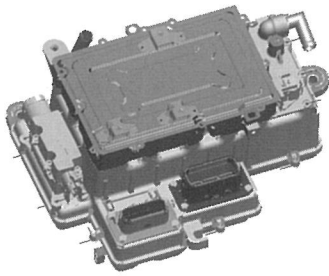


그림 3 2014년식 2세대 소나타 HEV HPCU

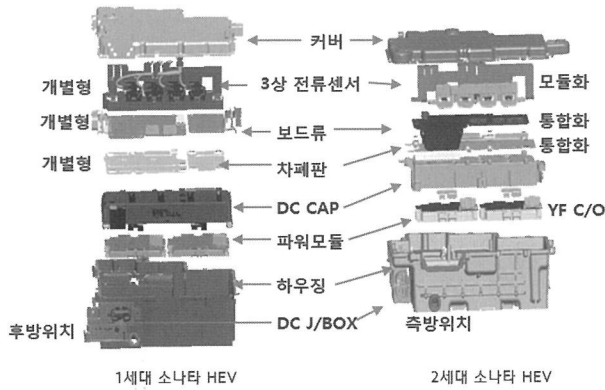


그림 4 1세대 및 2세대 소나타 HEV 인버터 부품별 비교

표 5 2세대 소나타 HEV 개발결과

항목	1세대 소나타 HEV	2세대 소나타 HEV	비고	
형상				
패키지	위치/냉각	엔진룸/수냉	←	
	사이즈[ℓ]	11.0	8.4	23.7% ↓
	중량[kg]	12.6kg	10.0/10.3kg	20.7% ↓
출력	모터[kW]	30	38/50	
	HSG[kW]	8.5	←	
	LDC[kW]	1.8	←	

있으며, 기존 1세대 소나타 HEV HPCU에서는 커넥터 타입이었으나 2세대 소나타 HEV HPCU에서는 레버 타입으로 변경하여 커넥터 삽탈력을 감소시킴으로써 조립 품질을 향상시켰다. 표 4는 DC J/BOX 최적화 설계 내용이다.

### 2.3 개발결과

앞서 열거한 여러 가지 최적화안을 바탕으로 HPCU를 설계하였고, 이를 통해 완성된 2세대 소나타 HEV HPCU는 그림 3에서 보여지는 바와 같다.

그림 4는 1세대 및 2세대 소나타 HEV 인버터 부품에 대한 부품별 비교에 대한 상세 내용이다.

전체적으로 1세대 소나타 HEV HPCU 대비 1세대 소나타 HEV HPCU에서, 부피는 23.7% 감소되었고, 중량은 20.7% 감소되었다. 표 5는 2세대 소나타 HEV 개발결과이다.

## 3. 결 론

2세대 소나타 HEV HPCU에서는 통합제어기 플랫폼 기술, LDC 토폴로지 변경과 최적화, 하우징 해석 기술 적용에 따른 최적화, DC J/BOX 최적화 등의 새로운 기술이 적용되어 전체적으로 1세대 소나타 HEV HPCU 대비 부피는 11리터에서 8.4리터로 23.7% 감소되었고, 중량은 12.6kg에서 10.0kg으로 20.7% 감소되었다. 출력밀도는 1세대 소나타 HEV 대비 23.7% 상승하여 소나타급 차량의 장착성을 향상시킬 수 있었다.

## 참고문헌

- [1] Ralph Remsburg "Thermal design of electronic equipment"
- [2] Sanjaya Maniktala "Switching power supplies A to Z"
- [3] Abraham I. Pressman, Keith Billings, Taylor Morey "Switching power supply design"

## 〈 필 자 소 개 〉



김범식(金凡植)

2005년~현재 현대자동차 책임연구원.