

## 자동차용 42V 전장시스템의 기술동향

이종찬, 최옥돈

현대중공업 기계전기연구소 전력변환연구실

### Technical trend of the 42V power system for a Vehicles

Jong Chan Lee, Uk Don Choi

Hyundai Heavy Industries Co., Ltd. Electro-Mechanical Research Institute

Power Conversion Research Department

#### ABSTRACT

This paper will present the basic concept and technical trends of the 42V system for the future vehicles structure that is in the process of research and development by the world-wide vehicle manufacturers and the suppliers. The power conversion equipment on the vehicles and an ISG(Integrated Starter Generator) for 42V are introduced. The fundamental research related to the advanced automaker's technical trends and investigations are performed.

#### 1. 서 론

최근 자동차의 많은 부품이 전자화 함에 따라 자동차 전체에 필요한 전기에너지의 수요가 급격히 증대하고 있고, 앞으로 안전성 향상과 편의성 증대 및 고급화 추세에 따른 자동차에서 전력 수요는 더욱 늘어날 전망이다. 이에 따라 자동차의 사용전압을 기존의 12V에서 42V로 올려야 할 필요성이 대두되면서 42V 시스템의 경우 연료소비율의 저감과 배기가스 저감을 동시에 실현함으로써 2008년부터 실시되는 유럽의 배기가스 규제에 대응할 수 있는 방안으로 모색되고 있다. 유럽과 일본에서는 저공해자동차의 대안으로 순수하게 전지에 의해서만 구동되는 순수전기자동차에서 엔진의 동력과 병행 구동되는 마일드 하이브리드 자동차 (Mild Hybrid Vehicle)개념으로 접근하고 있으며, 이 경우 각종 모터의 경량화가 가능하고 효율이 높아져 결과적으로 연비가 개선되는 효과가 있기 때문이다. 대표적인 전자장치는 전동식 조향 장치 및 제동 장치, 워터 펌프, 오일펌프, 전기 가열식 촉매, 직접 분사식 전자제어 밸브, 에어컨 압축기 등을 들 수 있다. 조사된 바에 의하면 2005년경 자동차 전장품의 전자화 비율은 30%이상으로 도달하여 현재에 비하여 2

배 내외에 이를 것으로 전망됨에 따라 자동차 업계에서는 42V 전장시스템의 개발을 추진 있다.

본 논문에서는 차세대 자동차의 전력공급 시스템으로 유력한 42V시스템의 전력변환장치 구성과 제어방식에 대한 조사내용과 현재 전 세계 주요 자동차 메이커 및 부품업체들의 연구개발 동향 및 개발된 제품, 그리고 42V 전장시스템의 시장규모 등을 소개한다.<sup>[1]</sup>

#### 2. 본 론

##### 2.1 차량용 전자시스템의 구성<sup>[2]</sup>

자동차 전자시스템은 크게 네 가지 분야로 분류될 수 있는데, 이들은 엔진 및 배기가스 전자제어 시스템을 중심으로 한 Powertrain 전자시스템 분야, ABS(Anti-Lock brake System)/TCS(Traction Control System)/EPS(Electronic Power steering) /ECS(Electronic Controlled Suspension)와 VDC (Vehicle Dynamic Control)를 위주로 한 Chassis 전자시스템분야, HVAC/on-board diagnosis/CNS (Car Navigation System)/vehicle multiplexing 등을 포함한 body 전자시스템분야, CAS(Collision Avoidance System)ACC(Adaptive Cruise Control) /night vision 등의 safety/convenience 전자시스템 분야이다.

##### 2.1.1 전자제어시스템

자동차에 있어서 마이크로컴퓨터를 이용한 자동차 전자제어 기술은 엔진제어 뿐만 아니라 자동변속기, 통합샤시 제어시스템, Drive-by-wire 등으로 점차 확대 적용 중이며, 앞으로 도입될 지능형 교통시스템(ITS: Intelligent Transport System)과 연계하여 사용될 한 단계 진보된 미래형 자동차에는 'Telematics'라고 통칭되는 정보통신기술이 자동차 전자기술의 핵심기술로 적용될 것이다. 그림 1은

Powertrain부분을 제외한 자동차용 전력시스템의 사용분야를 나타내고 있다. 본 논문에서는 Powertrain 및 전력변환시스템에 대해 기술한다.<sup>[3]</sup>

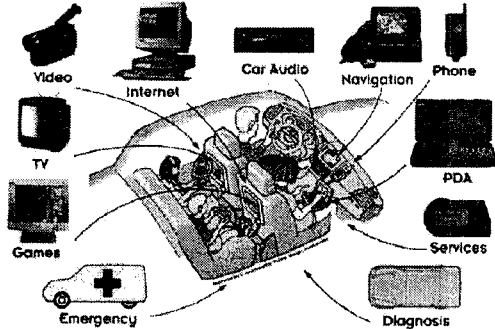


그림1. 자동차용 전력시스템의 사용 분야

Fig.1 An usage field of power system for vehicle

### 2.1.2 42V 전력시스템

현재의 자동차에 사용되는 14V 전기시스템은 연속부하에서 대략 800W-1500W의 정격으로 연속전류는 60A-110A 정도이며, 2005년경에는 3000W-7000W 정도의 전력이 요구되고, 추진기능을 포함할 경우에 차량내의 전력수요는 30kW-40kW에 달할 것으로 예상됨에 따라 42V 전기시스템의 적용이 불가피할 것으로 예상되고 있다. 그림2의 42V 전력시스템은 발전기와 시동장치가 결합된 형태의 기본적인 14/42V 전력 시스템의 구성을 나타낸 것으로 기본 공급 전압을 42V로 하면서 12V 전압이 필요한 부하에 대하여 선택적으로 공급할 수 있는 Dual Voltage System이다. 표1은 자동차의 계절에 따른 전기부하량의 예측치를 나타내고 있다.<sup>[4]</sup>

그림 2에서 ISG는 발전기와 전동기기능을 합한 것으로 기동시 전동기로 동작하여 엔진을 기동하고 운전 중에는 발전기로 동작하여 36V 전지의 충전과 함께 차량내 42V 부하에 전원을 공급하게 된다. 42V 시스템에서의 전력변환장치는 ISG 제어용 인버터와 42V를 12V로 변환하는 DC/DC컨버터가 있으며 ISG는 Powertrain부분에 속한다.

그림2. ISG를 사용한 42V/14V Dual 전압시스템

Fig.2 42V/14V dual voltage system with ISG

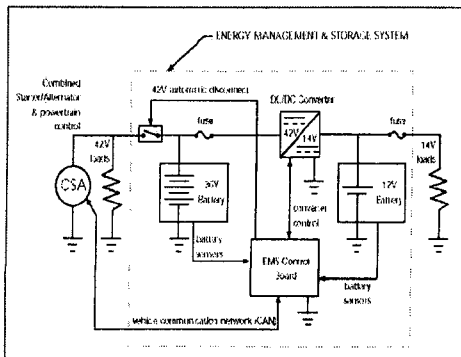


표1. 자동차 전기부하량 예측치

Table 1. A prediction value of vehicle electric load

	POWER(W)		
	PEAK	AVERAGE	
		여름	겨울
Valve (6Cylinders)	2400	800	
Water Pump	300	300	30
Engine Cooling Fan	800	300	-
Power Steering	1000	100	
Heated Wind Shield	2500	-	250
Catalytic Converter	300	60	120
Active Suspension	12000	360	
통신, 항법 등	100	100	
Total	-	2120	1760

## 2.2 42V 시스템의 특징 및 기술개발 동향

### 2.2.1 42V 시스템의 특징

42V시스템 적용시 급증하는 전력 수요 대처와 30% 내외의 자동차 연비 개선 및 공해 저감이 가능하게 되며 특징은 첫째, Starter와 Alternator를 일체화시켜 하나의 단일 부품으로 모터와 발전기 역할을 수행하므로 부품의 수와 크기가 축소되어 자동차 공간 확보와 엔진 소형화가 가능하고, 기존 동력전달 체계의 성능향상 및 발생토크를 이용하여 엔진 시동과 구동에 활용할 수 있다. 또한 회생제동 시스템의 구현으로 전력제어 및 연비저감 측면에 큰 효과가 있으며, Starter와 Alternator의 통합형 시스템의 적용으로 생략되는 기계시스템으로는 Conventional Starter, Flywheel/Dual Mass Flywheel, Conventional Alternator, V-belt and Flat Belt, V-belt and Flat Belt Pulleys, Belt Tensioning System등이다. 둘째, 기존 14V에서 42V 고전압 체계로 전환되면 대상 제품의 크기가 줄고 모듈화 설계가 용이하기 때문에 전체 차량의 조립성 향상 및 14V 시스템에 비해 전류를 1/3로 줄일 수 있어 전장품의 크기와 배선의 무게를 현격하게 줄일 수 있다. 그러나 단점으로는 42V 고전압 체계에서의 접점 동작시 발생하는 아크현상으로 인한 제품의 내구성과 접점이나 접속부의 아크 소호 기술 등의 연구가 필요하다.<sup>[5]</sup>

### 2.2.2 기술 동향

그림3은 년도별 차량용 전력시스템의 변화과정을 보인 것으로 현재의 전원 체계는 그림3(A)과 같이 각각 분리된 Battery, Starter, Alternator의 전원장치에서 하나의 전압 12V를 Junction Box를 통하여 필요로 하는 부하에 공급하게 된다. 그림3(B)은 기본 공급 전압을 42V로 하면서 12V 전압이 필요한 부하에 대하여 선택적으로 공급할 수 있는 Dual Voltage System이다. 42V 전원시스템으로 급변했을 때 발생될 수 있는 부작용을 최소화시킬 수 있는 방법이다. 그림3(C)은 최종적인 차량 고전압

시스템의 개념도이다. 전원 공급 장치인 Battery, 일체화된 Starter와 Alternator에서 일정한 단일 전압(42V)을 발생하여 공급하게 되며, 전력제어를 위하여 Power와 Communication Bus를 적용한 CAN 통신 네트워크를 이용하게 된다. 기존의 14V전원을 42V로 차량전체를 변환하는 것은 비용과 성능 측면의 부작용이 발생할 수 있기 때문에 과도기적으로 14V와 42V를 혼용하는 Dual Voltage System을 적용하는 추세이다. 42V전장시스템은 각 장치별로 다양한 종류의 전압을 공급할 수 있기 때문에(multi-voltage) 차세대 자동차의 전력공급시스템으로 사용될 가능성이 높아 현재 연구가 활발하게 진행되고 있다. 차량에서 다양한 종류의 전압이 공급될 수 있는 것은 발전기의 42V전압을 각 장치의 제어기들이 각자 필요한 전원을 Network상의 Power bus를 통해 공급받는 방식으로 이러한 시스템이 활발하게 연구되고 있다.

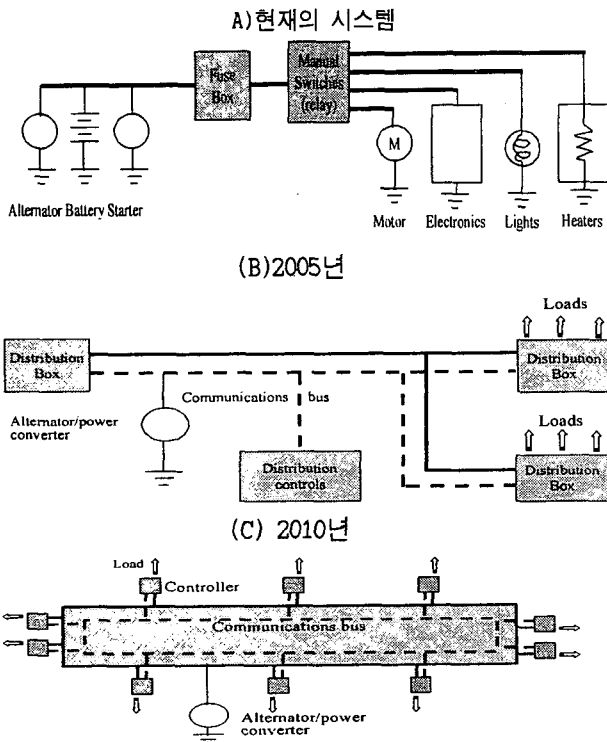


그림3. 차량용 전력시스템의 변화

Fig.3 A Change of Automotive Power System

표 2는 차량의 전압시스템의 변화에 따라 새로이 개발되어야 할 자동차용 42V시스템과 부품으로 PowerNet이라고 한다. 메르세데스-벤츠와 BMW가 제안한 42V 시스템에서의 전압별 기준을 보면 그림 4와 같다.

그림 4는 "42V PowerNet"의 정의로 42V시스템에서 엔진은 Nominal 전압 42V에서 정상 동작을 하며 48V는 엔진이 효율적으로 동작할 수 있는 최대의 전압이고 50V의 전압은 정지(Static)상태에서 허용될 수 있는 최대 연속정격 전압을 나타내며 58V는 동력학적으로 허용

되는 최대의 과전압을 나타낸다. 30V의 전압은 엔진이 정상적인 동작을 할 수 있는 최소 전압이고, 21V의 전압은 엔진이 동력학적으로 기동할 수 있는 최소의 전압을 나타낸다.

표2. 자동차용 42V 시스템 및 부품  
Table 2. A Components and System for Automotive 42V

Power Generation & Storage	Alternators and Starters, DC/DC Converters Inverters, Power Storage, Regenerative Braking and Acceleration -Boost Systems
Power Distribution	Wiring Harness, Connectors, Switches and Relays Fuses and Circuit Protection Devices Semiconductors
Power-Train Systems	Electromagnetic Valve train(EMV), Fluid/Water Pumps Integration of the ISA, Engine & Transmission Ignition Systems and Fuel Systems
Chassis Systems	Electric Power Steering, Electro-mechanical Braking(EMB) Active and Adaptive Suspension
Thermal Systems	Air Conditioning Compressors HVAC Blower Motors, Electrical Heaters Engine Cooling Fans
Motor-Driven Systems	Impacts and Implications for Electric Motors Wiper Motors, Solenoids
Lighting & ICEC	Lighting, ICEC (Electronics)

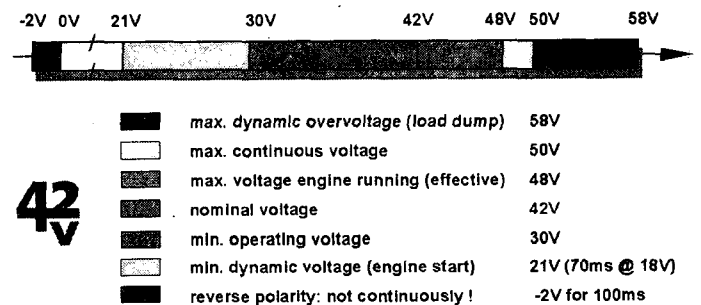


그림4. 42V net 정의

Fig.4 Definition of Net requirements at 42-Volt

### 2.3 전력변환시스템

차량내 전력시스템은 현재의 14V에서 42V로 변경됨에 따라 현재의 14V와 42V를 같이 사용하는 Dual voltage system과 42V만 단독으로 Dual voltage system으로 나눌 수 있다. 앞의 2.1.2 절에서 나타낸 그림2의 구성은 Dual voltage system으로 이 경우 42V를 12V로 변환하는 전력변환장치인 DC/DC컨버터가 요구되며, 그림5는 42V/14V Dual voltage system에서 Interleaving 방식을 이용한 Buck type 컨버터의 예를 나타낸 것으로 출력전류의 리플을 최소화할 수 있는 방식이다.

Single voltage 42V System이 궁극적으로 향후 자동차용 전원시스템의 최종 방식이 되겠지만 당분간은 그림 6과 같은 형태의 14/42V 전원시스템이 사용될 것으로 보인다. 그림 6은 Single voltage 42V System을 나타낸 것이다.

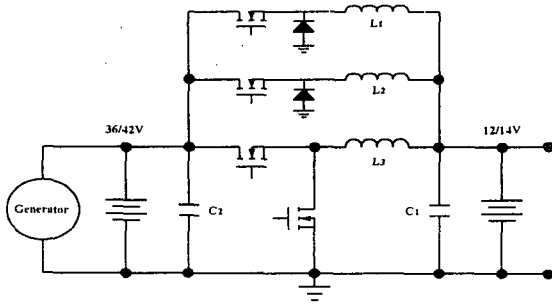


그림5. 42V/14V용 인터리빙 제어방식의 회로  
Fig.5 Interleaving Control Schematic for 42V/14V Dual Voltage System

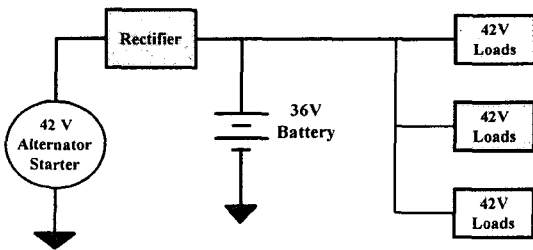


그림6. 42V 단일전압 시스템의 구성  
Fig.6 Single Voltage System Architecture for 42V systems

## 2.4 Integrated Starter Generator(Alternator) System

차세대 자동차용 42V 전장시스템에서 중요한 부분이 시동장치와 발전기가 결합된 ISG(ISA) 시스템이다. 제품은 만드는 회사마다 명칭이 약간씩은 다르지만 기본적인 역할은 동일하다. ISG 시스템은 기존 엔진의 Starter, Alternator와 Fly-Wheel을 하나로 통합한 장치이다. 원래 ISG 시스템은 유럽의 차세대 소형차들의 보조동력 수단으로서 개발이 되었다. 이 장치는 엔진과 기어 박스 사이에 위치한 Fly-wheel 대신 설치되어 엔진의 순간 회전수 및 엔진의 해당 센서에서 신호를 읽는 제어장치에 의해 조정된다. ISG 시스템은 엔진 시동시에는 전동기로 동작하여 Starter기능을 수행하고 엔진 운전시에는 전기를 발생시킬 수 있는 Generator/Alternator 역할과 엔진 진동을 전자기적인 방법을 사용하여 댐퍼(Damper) 역할을 수행할 수 있는 장치이다. ISG 시스템이 기존의 Starter, Alternator와 Fly-wheel을 대체함으로써 차량 전체에서는 약 12kg 이상의 경량화가 이루어 질 수 있다. 또한 42V, 200V, 300V 등의 전압을 발생시킬 수 있어 기존 엔진의 12V전압으로는 구동하기 어려웠던 EVT나 고압 분사기, EPS(Electric Power Steering), 전기 A/C 콤프레서, EHC(Electrically Heated Converter) 등을 쉽게 구동할 수 있다. 또 이들의 작동을 엔진 운전 조건에 따라 효율적으로 관리할 수 있어 기존 엔진보다

연료를 절감할 수 있고 배기가스 저감 효과도 동시에 얻을 수 있는 이점이 있다.

### 2.4.1 ISG의 Power Assistance

기존 차량과 달리 ISG 시스템이 장착된 차량은 소형 엔진인 경우에도 전기모터 시스템이 엔진과 결합되어 있을 때 아무런 성능 저하 없이 사용될 수 있으며 엔진의 동력을 보조하는 기능을 가지고 있다. ISG 시스템의 장점을 보면 표3과 같다. 뿐만 아니라 ISG 시스템을 탑재한 자동차의 경우 엔진의 공회전상태를 없애고 엔진의 기동/정지 제어기능에 의해 연료소비가 기존 차량대비 20% 이상 향상된다는 결과가 발표되고 있고, 현재 ISG 시스템은 많은 전장품 업체와 연구기관에서 활발하게 연구가 진행되고 있어 양산 전단계의 시제품들이 계속적으로 발표되고 있는 추세이다.

표3. ISG 시스템의 장점

Table 3. The Benefits of ISG System

Function		Fuel Consumption	Emission	Other Improvement
Starting	Cold Start Without Fuel enrichment	★	★★★	-
	Engine shuts off instead of idling	★★★	★★	-
	Quiet & Smooth	-	-	Comfort
Generating	Regeneration of Brake energy	★★★	-	-
	High Efficiency	★	-	-
	Electrically Powered Auxiliaries	★★	-	-
	High Voltage Possibility	-	-	Electrical power availability
	Quiet Operation	-	-	Comfort
Power Assistance	Electrical Power Assist	★★★★	-	Improved Performance

주) ★표의 수는 기존 시스템 대비 ISG 시스템이 우수함을 나타냄.

### 2.4.2 ISG의 적용사례

일본의 토요다 자동차에서는 THS-M이라는 하이브리드 시스템을 개발하였으며 CROWN모델에 적용한 차량을 발표하여 시판 중에 있다. 그림7은 토요다가 개발한 Toyota Mild Hybrid System의 구성도 이다.

일반 자동차에서 사용되는 벨트 구동형 발전기 대신 THS-M시스템은 전동기와 발전기가 결합된 제품(MG: Motor/Generator)을 사용하여 36V전기가 전원을 공급하면 M/G는 주행조건에 따라서 전동기 또는 발전기로 동작하며 그 기능은 공회전 정지모드에서 엔진의 재 시동, 공회전 정지모드 이후 엔진속도를 갑자기 올리기 전에 차량의 기동, 엔진 동작시 배터리의 충전, 차량 감속과 정지시 에너지의 회생, 공회전 정지 모드시 에어컨 공기 압축기와 같은 부속장치에 전원공급 등의 역할을 한다.

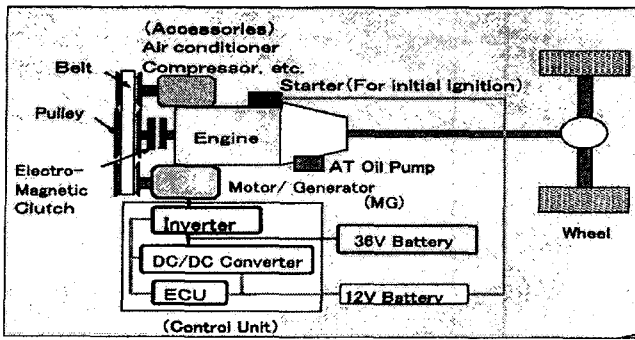


그림7. Toyota Mild Hybrid 시스템의 구성  
Fig.7 Toyota Mild Hybrid System Configuration

## 2.5 42V 전장시스템 개발 동향

### 2.5.1 전력용 반도체

전력용 반도체 스위치의 동작전압은 42V 전장시스템에서 엔진 기동시 최저전압 25V, 엔진 기동 후 최저전압은 33V이고 연속 최대전압은 52V, 동적 최대전압은 55V이다. Active Zener Clamping이 포함된 FET 스위치의 최소 브레이크다운전압은 자동차 사양온도(-40°C ~ 150°C)에서 약 75V가 된다.

오늘날 자동차 전장시스템에서 사용되는 FET 스위치의 브레이크다운전압은 약 60V 정도이지만 42V 전장시스템에 알맞도록 60V에서 75V로 브레이크다운 전압을 올리는 문제는 현실적으로 쉽게 실현할 수 있다. 42V 전장시스템에 각종 제어용이나 기계적 릴레이 대신 사용하는 전력용 반도체의 전압은 75V이상 사용하여야하며 자동차용 전력용 반도체를 생산하는 회사에서는 75V급의 반도체 스위치를 이미 개발하여 양산 판매 준비상태에 있다. 자동차에서 일반적으로 퓨즈를 사용하여 과전류를 보호하고 있다. 그러나 퓨즈의 단점은 사고 발생 후 교체되어야 한다는 것이다. 그러나, 42V 시스템에서는 퓨즈대신 하나의 전력용 반도체 소자에 스위치와 보호기능을 포함하는 것이 가능하므로 Smart power switches 혹은 PPTC(Polymeric Positive Temperature Coefficient)소자를 사용하여 이러한 단점을 보완하는 방식도 적용되고 있다.

위치와 보호기능을 포함하는 것이 가능하므로 Smart power switches 혹은 PPTC(Polymeric Positive Temperature Coefficient)소자를 사용하여 이러한 단점을 보완하는 방식도 적용되고 있다. 또한 반도체 스위치를 사용함에 따라 전선과 커넥터를 줄일 수 있고 진단이 가능하며, PWM 기술 적용으로 부하에 최적의 전력을 공급할 수도 있다.

그림8은 일반적인 대전력 차량스위치의 반도체와 접점을 이용한 방식을 비교한 예를 나타낸 것이다.

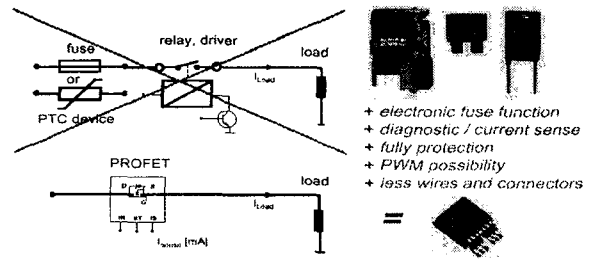


그림8. 대전력 차량스위치의 반도체와 접점과의 비교 예  
Fig.8 Comparison of an electro mechanical and a semiconductors solution using the example of a typical higher-power vehicle switching application

### 2.5.2 ISG(Integrated Starter Generator)

현재Continental, Bosch, Delphi, Siemens, Magneti, Marrelli, Denso 등이 ISG를 개발, 출시하고 있으며 BMW와 Citroen이 Cotinental사와 함께 ISG 시스템 장착차량을 개발하고 있다. 이 시스템은 훨씬 더 향상된 연료 소비율을 얻는데 필요한 차량의 자동 출발/정지 기능의 보조기능을 수행할 수 있다. ISG는 브리시리스 Type으로 유지보수 비용이 거의 들지 않고 고효율이라는 장점이 있다.

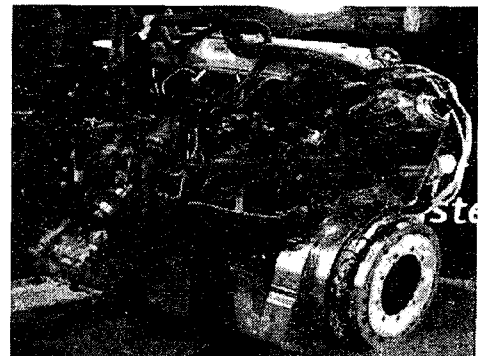


그림 9. VISTEON사의 ISG  
Fig.9 Integrated Starter Alternator

### 2.6 42V 시스템의 시장전망

자동차 제작사들은 배기가스 감소와 연비절감 등의 여러 가지의 장점을 가진 42V 전장시스템의 채택이 늘어날 것으로 보고 있다. 특히 2008년부터 시행되는 유럽의 배기가스 규제의 대응방안으로 모색되고 있으며, 미국의 경우 하이브리드 자동차에 적용하기 적합한 것으로 판단하고 있고 특히 경 트럭이나 승용차에 가장 적합한 것으로 예상하고 있다. S&P(Standard and Poor's)보고에 의하면 2005년경에 42V 고전압시스템이 장착된 차량 비율이 10%-20%, 2010년경에는 북미와 유럽 그리고 일본에서 생산되는 경차의 25%-35%를 점유할 것으로 예측하고 있다. 그림10은 S&P사에서 조사한 경차 생산 예측치를 나타낸 것이다.

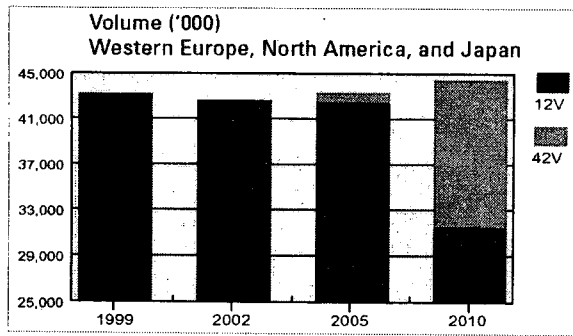


그림10 S & P사의 14/42V 경차 생산 예측  
Fig.10 Standard & Poor's Forecast for 14/42-Volt Light Vehicle Production

### 3. 결 론

본 논문에서는 차량에서 42V의 전장시스템의 적용에 따른 기술동향을 소개하였고, 전기자동차, 마일드 하이브리드 전지자동차에 적용이 되고 있는 ISG 및 전력변환장치의 기술동향에 대해서 알아보았다. 특히, 42V 시스템(PowerNet)에서 사용되는 전력변환 시스템의 종류, 구성방법, 특징 및 장단점, 시장전망 등에 대해 소개하였다. 현재 사용되고 있는 자동차 전장시스템의 전압은 자동차의 전자화가 급격하게 증가됨에 따라 전기에너지 수요의 급속한 증가가 요구되고 있어 기존의 14V에서 42V로 전환이 예상되고 이에 따라 ISG와 이를 제어하기 위한 인버터, 그리고 당분간 42V로 직접 전환한 42V 단일시스템이 아니라 기존의 14V 전장품과 42V를 같이 사용하는 Dual voltage system이 적용됨에 따라 ISG에서 발생한 42V 전압을 12V로 변환하기 위한 DC/DC컨버터와 같은 전력변환장치가 필요하게 된다. 앞으로는 산업용뿐만 아니라 차량용 전력변환 분야의 기술도 많은 연구가 필요하리라 예상된다.

### 참 고 문 헌

- [1] 이종찬 외 "자동차용 42V 전장시스템의 기초조사 연구" 현대중공업 기계전기연구소 pp. 3-62, 2002, April.
- [2] Paul Nicastrì, Ford Motor Co, Wolf-Dieter, Blauensteiner, Daimler-Chrysler, Jarvis Carter, "Jump Starting and Charging Batteries with the New 42V PowerNet", *ON Semiconductor*, August, 1996.
- [3] Ansoft Korea, "Design of DC/DC Converters for 42V Automotive Applications", *2001 Ansoft Electromechanical Road show*, November, 2001 .
- [4] Rasseem R. Henry, Bruno Lequesne, Delphi Research

Labs, Jeffrey J. Ronning, etc Delphi E&C Energenix Center" ,Belt-Driven Starter-Generator for Future 42-Volt Systems", *SAE Technical Paper Series*, March, 2001.

- [5] MICHAEL COX, "The Direction and the Impact Of 42-Volt Electrical Systems", Summer, 2001.
- [6] Vishay Siliconix, "Meeting the Demands of the Shift from 12V to 42V", January, 2002 .
- [7] Klaus Pietrczak, J.M. Miller, D. Goel, Kandarp Pandya, "Making the Case for a Next Generation Automotive Electrical System", *MIT*, December, 1999.
- [9] WORKING DRAFT Work Group,"Road vehicles Conditions for electrical and electronic equipment for a 42V Powernet", *42V Standardisation*, April, 2000.
- [10] "Draft Specification for the 2-voltage 42V/14V Vehicle Electrical System", *Forum "Vehicle Electrical Systems Architecture"*, 1997.