

미래형 자동차용 전동기의 동향

허 윤 / 대우정밀 수석연구원

왜 미래형 자동차 시스템에 전동기 사용이 증가하는가?

자동차가 우리 생활에 직접적으로 미치는 영향으로 엔진 연소 시 발생하는 배기가스 및 주유시 발생하는 증발가스와 관련된 대기 환경오염이 있고, 직접 피부에 와 닿는 당장 느껴지는 정도의 심각성은 아니지만 석유에너지 고갈도 언젠가 맞이해야 할 자동차 사업에서 예상되는 문제이다. 우선 대도시 대기 오염 등의 국지적인 환경 개선에 대한 필요성이 제기되었고 이를 해결하기 위한 관련 법규의 강화와 기술 개발이 진행되어 단위 차량이 배출하는 오염량은 크게 줄었으나 자동차의 증가로 인하여 전체 대기 환경은 계속 악화되고 있는 실정이다. 또한 국지적인 영역에서 벗어나 지구 온난화와 관련된 글로벌 환경 요소인 이산화탄소의 축소에 관심이 증가하고 이를 규제하고자 하는 각국의 움직임이 점차 구체화되고 있다. 중국을 포함하는 개도국들의 자동차산업이 급성장하여 전 세계 자동차 보유 대수가 2020년경에는 11억대로 증가할 것으로 전망되기 때문에, 결국 석유 자원에 기초로 하는 에너지원의 고갈을 대비해야 하는 문제가 점차 가시화되고 있으며, 수소와 전기 에너지를 이용한 대체 동력원의 개발이 본격적으로 논의되고 있다.

가솔린 기관을 대체할 수 있는 시스템으로 전기자동차와 하이브리드 자동차 개발을 추진중이며 이미 하이브리드 자동차는 양산을 시작하였다. 배터리 기술의 발전이 지연되어 주행 거리를 포함하는 편리성이 확보

되지 못한 전기자동차보다는 하이브리드 자동차의 개발이 더 가속화 되었다. 하지만, 두 가지 자동차에 적용되는 전동기의 응용분야는 같은 목적으로 적용되기 때문에 전동기 개발은 지속되어야 할 것이다.

우선, 2005년쯤에는 하이브리드 자동차 시장 전체 규모의 약 39%가 트럭이나 SUV 하이브리드 자동차로 구성되면, 이러한 시장 확대 추세가 계속되어 2008년에는 50만대를 넘어서고 2013년경에는 자동차 시장의 약 5%를 차지하는 872,000대 정도가 될 것으로 J.D Power는 내다보고 있다. 향후 자동차 시장에서 환경친화적 자동차의 추세를 DOE Report에서 그림 1과 같이 예측하고 있다. 2030년쯤이면 가솔린 기관은 사라질 것이고, 2020년 안에는 환경친화적 자동차가 자동차 산업 시장 전체 규모의 60%를 차지할 것이다. 하이브리드 자동차를 사는 것이 비하이브리드 자동차에 비하여 더욱 환경에 기여한다는 긍정적인 시각이 형성되고 있으며, 소비자들이 현 차종에 해당하는 하이브리드 모델이 출시되면 구매를 검토해 보겠다는 비율이 점차 늘어나고 있는 것으로 연구/조사 결과 밝혀지고 있다. 세계적인 시장규모를 보이는 e-car시대에 더불어 자동차용 전동기 시장 규모도 함께 커질 것으로 내다보고 있다.

자동차에 본격적인 e-car시대가 열리고 있다. 자동차의 전장품의 증가는 20세기 초부터 시작되었다. 세기의 변화당시 미국 내에선 가솔린보다 전기차량이 더 많았다. 1921년 Carles Kettering은 최초의 전기적 시스템으로 약 200W정도의 전기시동 장치와 라이트가 가

능한 자동차를 생산하였다. 21세기에 들어서 환경적인 요인에 의하여 e-car시대가 표면화 되었다. 내연 기관 엔진을 대체할 수 있는 동력원의 개발이 본격화 되면서 자동차가 달리고(엔진), 안전하게 정지하고(제동), 원하는 곳으로 방향을 틀고(조향), 보다 안락한 승차감을 제공(현가)하는 등 운전자의 운행을 돕기 위한 전기 전자가 결합된 부품개발에 주력하고 있다. 전기전자부품인 전동기, 전력소자, 센서 기술이 신속하게 개발 중이며, 특히 기계적인 메커니즘에 주 동력원인 전동기의 응용분야는 급진적으로 확산되고 있다.

2kW 전기적 시스템은 20kW~50kW 전기시스템으로 대체되고 있는 실정이고, 앞으로 더욱 더 많은 전기적 시스템이 추가될 것이라고 그림 2와 같이 예상되어진다. 한편, 그림 2에서는 한 대의 자동차에 사용되는

전동기의 수량의 추세를 볼 수 있다. 전기전자부품의 발전은 미래에 상상하는 것, 공상과학 영화에서 볼 수 있었던 것 등을 가능하게 한다. 예를 들어, EPS(Electric Power Steering), EPCH(Electric Passenger Compartment Heaters), ECP(Electric Coolant Pumps), EAS(Electrically Active Suspension), EMB(Electric Mechanical Brakes), EC(Electric Compressor), AGCS(Active Geometry Control Suspension), ISG(Integrated Start-Generator), 항공기술에서 도입된 X-By-Wire System (Steering-By-Wire, Brake-By-Wire, Parking-By-Wire, Throttle-By-Wire) 등이 있다.

위에서 논의된 바와 같이, 전기 동력차량을 위한 자동차 산업이 고출력, 고효율, 적절한 전기기기의 사용으로 전환해야 하는 이유를 간략하게 정리하는 다음과

같은 두 가지의 이유가 있다. 첫째, 지구온난화뿐만 아니라, 공기와 물의 오염을 줄이기 위해 배기량을 감소시켜야 한다. 둘째, 각각 국가의 재정적 안정과 비용 고려 측면에서 석유에 대한 의존성을 감소되어 져야 한다. 배기량과 석유에 대한 의존성을 감소시켜는 것과 동시에 자동차 소비자는 발전출력의 증가로 인한 안정성, 편의성, 운전의 질 향상을 요구하고 있다. 지금까지 자동차부품으로 사용된 대부분의 전동기는 PM-Type DC Motor이었다. 가격적인 측면과 기술에 한계에 의하여 처음에 도입된 이유이다. 그렇지만 앞으로 e-car에서 요구하는 전동기의 특성은 기존 PM-Type DC Motor의 주 기능이었던 기계적인 메커니즘의 구동이외에 고정밀, 고효율, 고출력화, 소형화/경량화, 신뢰성 확보, 내환경성 확보, 환경친화적 부품사용 등이 추가되었다. 이러한 시스템의 요구사항에 부합되는 전동기의 개발이 요구되면서 20세기 초부터 유럽 등지에서는 BLDC(Brushless DC Motor)의 채용 경향이 시작되었다. 또한, 자동차의 주행 조건, 노면상태, 운전자의 상태 등을 종합, 감지하는 센서의 제어 및 연산하는 제어기, ECU(Electronic Control Unit)의 발전으로 전

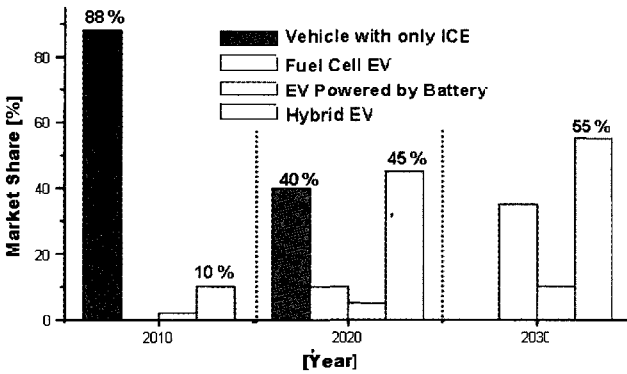


그림 1 Forecasting for Future Vehicle

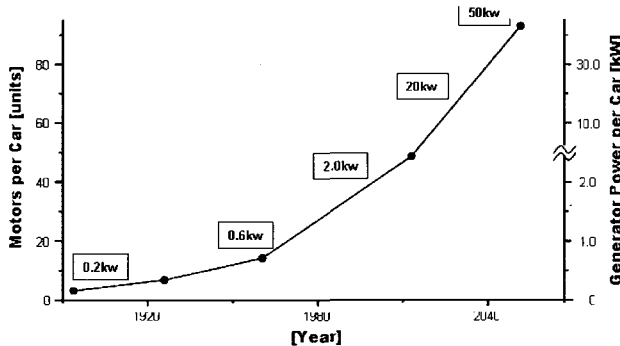


그림 2 Number of Electric Motors & Generator Power in a Vehicle

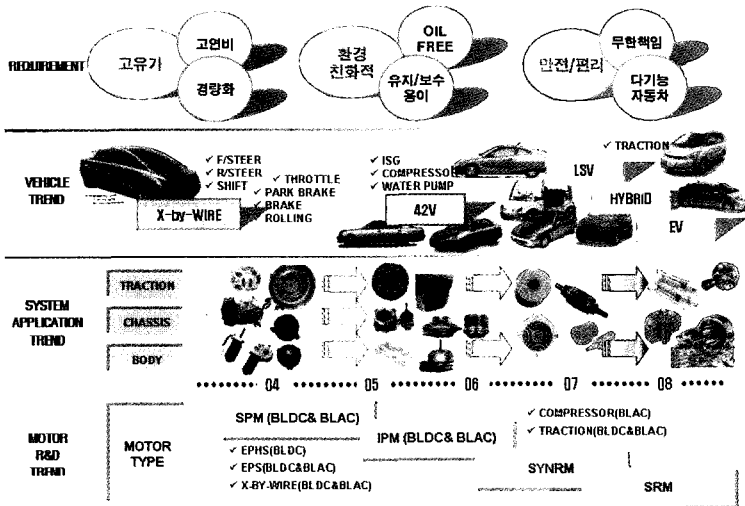


그림 3 Research & Development Road Map of Electric Motors for Vehicle

동기의 제어가 용이하고, ECU를 이루고 있는 전력소자들의 가격이 저감과 자성재료 개발 및 원가가 저감되면서 BLDC의 적용분야는 점점 더 확산 될 것이다.

미래형 자동차용 전동기의 응용분야 및 동향

가솔린 기관에서 전기시스템의 비중이 커지는 시점에서 자동차용 전동기도 그 응용분야가 점점 커지고 있다. 기본적인 기계 메커니즘을 동력원뿐만 아니라 향후 자동차산업에서 요구하는 사항을 만족시키기 위한 필수요소가 되었다. 고유가 시대는 앞으로 더 심해질 것과 환경에 대한 관심도 고조되는 것, 생활의 질이 향상되면서 안전하면서 편리한 시스템을 요구하는 소비자는 날로 많아질 것을 바탕으로 자동차와 시스템의 동력원인 전동기의 추세를 그림 3과 같이 예측해 보았다. 전기적 부하가 증가하면서 고효율 전동기의 필요성이 증대되면서 대두된 전동기 타입이 희토류계열의 자성재료를 사용하는 BLDC 전동기가 부각되었다. 하지만 자동차에 적용되기 위해서는 시스템의 요구사항을 만족시키면서 저가형이면서 외부충격에 견딜 수 있도록 견고해야 한다. 시스템에서 전동기가 차지하는

필요성은 상당히 크지만 자동차의 가격은 크게 변동되지 않기 때문에 부품인 전동기의 가격은 역시 낮다. 또한 광범위한 기온 변화와 강한 진동환경, 부식이 용이한 외부환경에 항상 노출되고, 심지어 자동차가 폐차되기 전까지 정상적인 작동을 해야 한다. 현재 이런 문제점을 인식한 기업체들에서 고가인 희토류계열의 자성재료를 대체하거나 비중이 낮고, 견고한 구조를 갖춘 전동기를 자동차에 적용할 수 있도록 여러 가지 연구가 진행 중이다.

수백 개의 부품으로 이루어져

표 1 The Partial Summary of Current Electric Motor Applications and Near Term Future Products

System Classification	Electric Motor Applications
Power Train	<ul style="list-style-type: none"> • Starter Motor • Alternator • Electric Engine Cooling • Air Conditioning Compressor Drive • Idle Speed Control • Engine Throttle Control • Engine Coolant Pump Motor • Electrically Variable Transmission
Chassis	<ul style="list-style-type: none"> • Electric Power Steering System • ABS System • Electro-Hydraulic Power Steering System • Brake-By-Wire Actuator • Active Suspension Actuator • 2-4 Wheel Drive Actuator
Body	<ul style="list-style-type: none"> • Windshield Wipers • Window lifts / Sunroof Actuators • Seat Adjuster / Vibrators • HVAC Blower • Cruise Control Actuator • Headlight Door Actuator

있는 자동차를 크게 3가지 정도의 시스템으로 나누어 볼 수 있다. 3가지의 시스템은 Power Train System, Chassis System, Body System 으로 나눌 수 있다. 각 시스템에서 현재, 앞으로 응용될 전동기 시스템을 살펴보면 다음과 같다.

전동기를 동력원으로 하는 시스템은 그림 4와 같이 각 기능별 Sub-System에서 활발히 연구 중이다. 이 중에 근래에 주목받고 있는 몇 가지 시스템과 전동기에 대하여 살펴보자.

전동식 조향 시스템 (EPS, Electric Power Steering System)

전동식 조향 시스템은 기존의 유압식 조향 시스템의

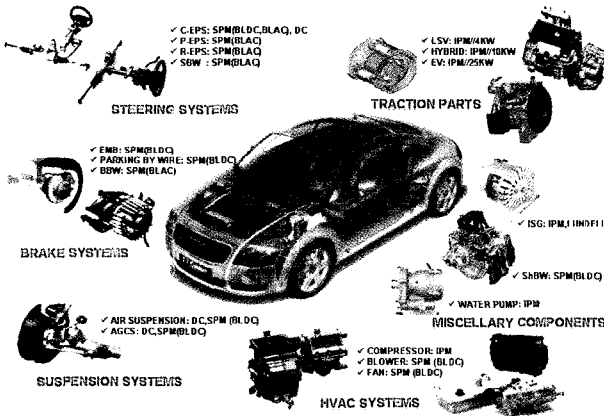


그림 4 New System in The Future Vehicle

단점을 개선하기 위해 개발되었는데 유압식 조향 시스템은 엔진을 동력원으로 하는 펌프를 조향 시스템에 동력을 보조해 주는 시스템인 관계로 항상 엔진에 부하를 가하게 된다. 따라서 조향 시스템이 작동 안 될 때에도 에너지 소모가 발생하므로 필요할 때 만 전기 모터로 구동시키는 전동식 조향 시스템이 등장하게 되었다. 전기부품의 고가와 고전력을 사용 등에 단점도 존재하지만, 에너지 소비량이 적고 엔진이 정지한 후에도 조향이 가능한 장점을 갖고 있어 보급을 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

전동식 조향 시스템의 동력 보조부에 적용되고 연구되어지는 전동기 종류는 BLAC Motor이다. 초반에는 PM-Type DC Motor로 연구를 시작하였으나 현재는 시스템의 요구사항인 Smooth와 고출력을 만족하지 못하여 BLAC Motor의 연구를 지배적이다. 그림 5와 표 2는 전동식 조향 시스템의 종류와 필요한 전동기의 용량을 나타내고 있다.

표 3에서는 전동식 조향 시스템에 적용하기 위한 전동기의 요구 사항을 요약 정리한 것이다. 초기의 유압식 조향 시스템의 핸들 조작시 유압 펌프에서 발생한 압력으로부터 핸들 조작시 그 발생압력을 느낄 수 있었지만 최근에 와서는 운전자가 조타시 그 압력이 느껴지지 않는 수준에 도달하였다. 따라서 유압식 조향 시스템의 대체가 되는 전동식 조향 시스템은 운전자에게 유압과 동등 이상의 성능을 발휘해야 하며 조타시에 전동기의 존재가 운전

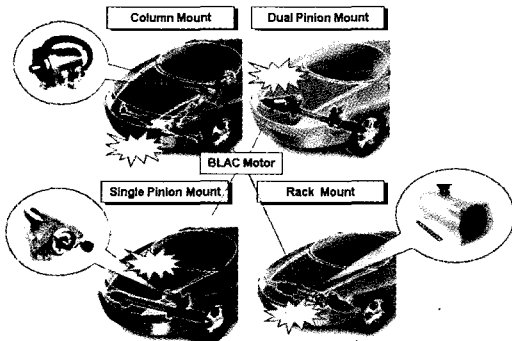


그림 5 Classification of EPS System

표 2 Electric Power Steering System Characteristics per Classification

종류	특 징	Wheeling	탑재성	출력	비용
C-type	<ul style="list-style-type: none"> 가장 오랫동안 실용화된 모델 차 실내탑재에 의한 비용절감 가능 충돌안전에 대한 배려가 필요 	○	○	△	◎
P-type	<ul style="list-style-type: none"> C-type에 비해 고출력 빙수, 고온조건화로의 대응 필요 	○	△	○	○
R-type	<ul style="list-style-type: none"> 가장 고출력화로의 적용 가능 조타 휠링(Wheeling)이 우수 현시점에서의 비용경쟁력이 낮음 	◎	○	◎	△

(◎ : 아주 좋음 ○ : 좋음 △ : 보통)

표 3 Requirement Performance of BLAC Motor for EPS

항목	전동기 요구 사항	조향 시스템 요구 사항
상품력	저소음, 저진동	• 핸들조작시 발생하는 소음과 진동으로 인하여 운전자에 불쾌감을 주어서는 안됨
	소형화	• 탑재성을 확보하기 위한 소형화
	특성의 좌우차	• 핸들조작시 좌우차가 발생하여서는 안됨
Wheeling	저 손실 토크	• 조타시의 마찰력이 Wheeling에 영향을 줌 • 저, 중속도 주행시의 핸들 귀환이 나쁘게 함 • 고속주행시의 중립감
	저 토크 리플	• 조타시의 부드러움 확보 • 조타시에 토크 리플을 느끼지 않을 것
	관성 모멘트의 저감	• 급 조타시의 과선감의 저감 • 고속주행 노면 변화시의 수렴성 확보
안전성	안전성의 확보	• 전동기 파손 시에 구속되지 않을 구조 확보 • 각부의 내구성, 내환경성 확보

자에게 느껴지지 않는 수준의 소음, 진동의 성능이 필요하게 되었다. 또한 전동기는 감속기를 끼워서 스티어링 휠(Steering Wheel)의 축으로 취부하고 있기 때문에 전동기 기준에서의 손실분 토크는 Wheeling을 크게 악화시키는 원인이 된다.

표 3에서 제시된 Power Steering의 요구 사항은 전동식 조향 시스템 구동용 전동기 설계시 받듯이 고려되

어야 하며 이러한 요구조건에 맞는 전동기를 설계하는 것이 전동식 조향 시스템의 성능을 결정하는 아주 중요한 요소가 된다.

능동형 전자제어 현가 시스템

(AGCS, Active Geometry Control Suspension System)

현재 수동형 현가 시스템은 진동특성과 직진 주행성

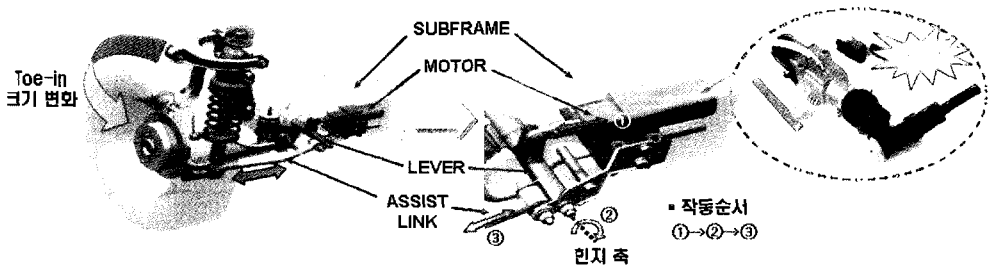


그림 6 Active Geometry Control Suspension System

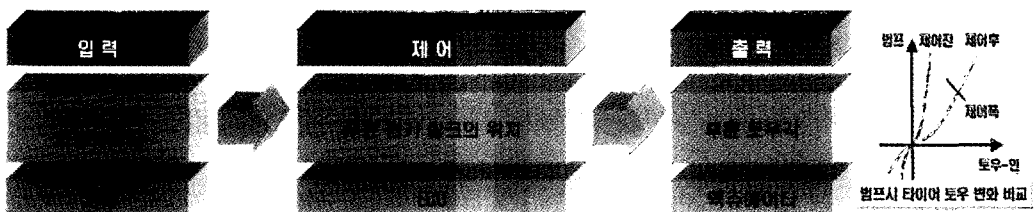


그림 7 Function Flow Chart & Toe-In Characteristic

표 4 Comparison of Characteristic for Conventional System and AGCS

항목	기존 능동형 현가 시스	AGCS
제어 대상	발생하는 현상 (Roll, Yaw 등)	발생하는 현상의 원인
제어 힘 방향 및 에너지 소비	작용하중 방향과 동일 →에너지과대 →중량 및 원가 불리	작용하중 방향에 수직 →에너지최소 →중량 및 원가 유리
Fail 발생시 현상	차량거동이 위험해짐	Geometry의 변화로 위험성 無
비고	제어시 이질감 가능성	원인제어 후 기계적인 움직임으로 자연스런 운동구현

및 제동안정성 등 안정성측면에서 Wheel Center의 Kingpin Offset 등의 크기를 작게 하는데 한계가 있어 엔진 출력이 높은 차일수록 구동 토크에 의한 영향, 선 회 가속시 조타감 모호해짐 등 많은 문제점이 있을 수 있다. 자동차의 연비나 환경적인 문제보다도 엔진 출력이 높은 자동차를 주행하는 소비자의 안전 측면에서 수동형 현가 시스템의 한계를 극복하기 위한 시스템 도입은 절실하다.

능동형 전자제어 현가 시스템의 기본개념은 Actuator를 이용하여 차체쪽의 링크 절점위치를 작용하중의 수 직방향으로 움직여 Suspension Geometry 특성을 변화케 함으로써 각 주행조건에 따라 최적의 Suspension Geometry를 만들어 내는 것이다. 능동형 전자제어 현가 시스템의 구성도 및 적용 전동기, 구동 순서와 제어 후 변경되는 Toe-in의 변화를 그림 6, 7에 나타내었고, 표 3는 기존 능동형 현가 시스템과의 특성을 비교한 것이다.

자동차에서 현가 시스템이 위치하는 환경은 극악조건이다. 외부적 환경에 직접적으로 노출되어 있기 때문에 신뢰성 측면을 중점적으로 하여 전동기를 설계해야만 한다. 큰 중력가속도와 진동에 견디어야 하고, 자동차의 차체 밑에 위치하기 때문에 완전 방수가 되어야 한다. 또한, 안정성과 직결되기는 시스템이기 때문에 전동기의 속응성도 중요한 설계요소로 생각해야 한다.

전동식 압축 시스템(EC, Electric Compressor System)

자동차용 에어컨 시스템을 이루고 있는 부품 중에서 Compressor는 에어컨 시스템에 있어서 사람의 심장과 같은 역할을 하는 핵심 정밀제품이고, 자동차의 엔진의 동력으로 작동되며 냉매를 흡입, 압축, 순환시키는

과정을 반복한다. 기존 Compressor의 단점인 동력원, 제어의 난이 등을 해결할 수 있는 전동식 Compressor는 동력원을 전동기로 이용함으로써 엔진 부하를 감소하고, 최적의 조건에 맞게 제어가 용이함 등 여러 가지 이점이 있어 연구가 활발히 이루어지고 있다. 또한, 전동식 Compressor를 구성할 때 Compressor와 동력원 전동기, 전동기를 제어하는 ECU를 일체화시킬 수 있기 때문에 저가화, Fan Belt에 의존하는 시스템의 제거, 차체 설계의 자유도 증가 등 여러 가지 장점이 있다. 그림 8은 개발 중인 전동식 Compressor 구성을 나타내며, 표 4는 기존 시스템과 특성을 비교하였다. 전동식 압축 시스템에서 적용되는 전동기의 종류는 PM-Type AC 동기기를 많으며, 특히 공간의 제약과 고효율, 광범위한 제어범위 등의 이유로 IPMSM(Interior Permanent Magnet Synchronous Motor)이 연구대상이다.

X-by-Wire 시스템

지금까지 자동차의 조향 및 제동기술은 주로 기계적

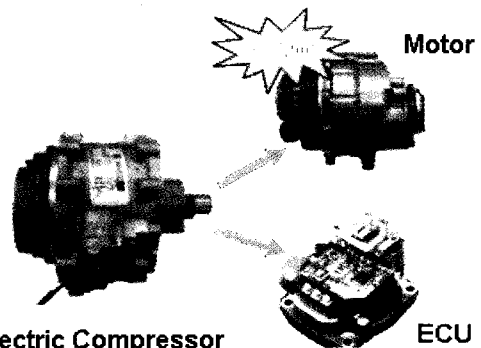


그림 8 Electric Compressor Components

표 5 Comparison of Characteristic for Conventional System and Electric Compressor

기존 Compressor System	Electric Compressor System
<ul style="list-style-type: none"> • Engine과 Compressor 연동 • Engine 출력 저하원인 • 동력 전달 시스템에 의한 효율저하 • 구조적 불합리성 내제 • Fan Belt에 의존 	<ul style="list-style-type: none"> • Engine과 Compressor 분리 • 고 연비 실현 가능 • EV용 Compressor 가능 • 고 효율을 통한 체적 및 중량 감소 • 직결장치에 의한 효율 향상

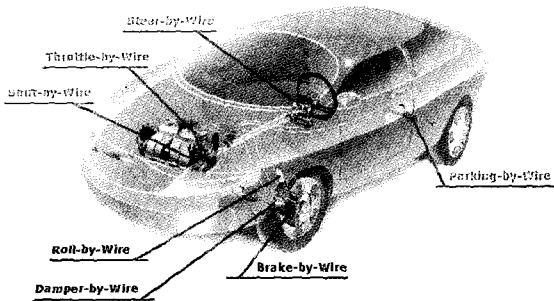


그림 9 X-by-Wire System in The Future Vehicle

시스템에 의해 이뤄졌다. 운전자가 Steering Wheel을 움직이거나 브레이크를 밟는 등의 물리적인 힘을 가할 경우 자동차는 그 힘을 기계적 운동에너지로 바꿔 구동하는 형태였다. 이를 대체하기 위한 차세대 차량기술로 X-by-Wire기술이 전 세계적으로 활발히 개발되고 있으며, 그림 9는 자동차에서 개발되는 X-by-Wire 시스템의 Lay-out이다. 본래 항공기의 조정기술로 개발된 X-by-Wire는 케이블이나 로드·유압 등으로 전달해 조정하던 것을 Wire로 바꿔 컴퓨터 비행이 가능하도록 한 것으로 자동차 분야에서는 조향시스템과 제동시스템, 변속시스템 등 여러 분야에서 주로 적용·개발되면서

가까운 장래에 자동차 제조기술에 큰 변혁을 일으킬 요소로 등장하고 있다.

조향시스템 분야에는 기존 기계적인 연결 없이 모터나 센서 등의 전기적 동력을 이용해 자동차를 조향하는 Steer-by-Wire System이 개발되고 있다. 이 기술이 적용될 경우 기존 Steering의 중심축이던 Steering Column이 필요 없어 Wheel의 좌우 전환이 훨씬 쉬워지며 전자적 조향에 의해 충돌 시 운전자의 상해 위험을 대폭 감소시킬 수 있다. 기존 시스템과의 구성도 비교를 그림 10에 나타내었다.

제동시스템 분야에서는 기존 유압제어시스템을 전기제어시스템으로 바꿔 제어하는 Brake-by-Wire 기술로 그림 11과 같이 적용되고 있는데 브레이크를 4륜 독립으로 능동제어 할 수 있다. 또한, Parking-by-Wire 기술은 제동시스템의 한 분야로 운전자의 의도를 전달하는 Driver Interface Module에 의한 신호를 Actuator로 전달하여 Parking을 수행하고, 모든 동작을 제어하는 Controller와 Brake System를 작동/해제 시키는

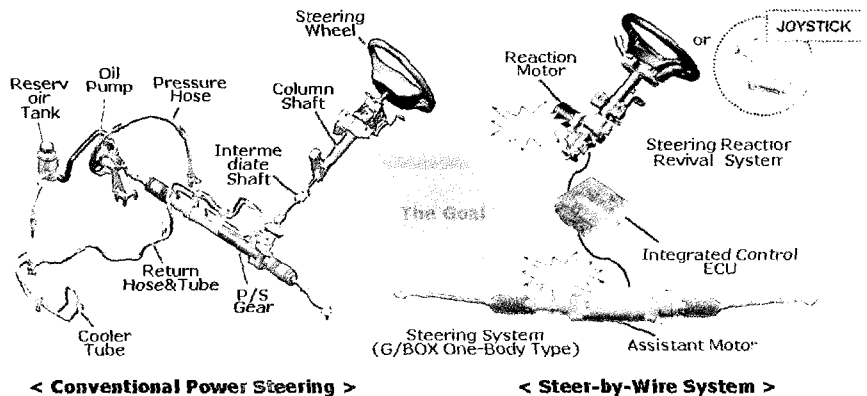


그림 10 Comparison for Conventional System and Steer-by-Wire System

Actuator로 구성되었다. 따라서 운전자가 직접 Parking Lever에 힘을 가하지 않고 Parking 할 수 있다. 그림 12은 기존 시스템과의 비교를 나타내고 있다.

변속시스템 분야에서는 Wire와 레벨을 이용하여 변속하던 기존 시스템인 Transmission에 전동기를 사용하여 직접 변속기를 Control하고 운전자는 간단한 Jog

shuttle로 변속을 할 수 있는 Shift-by-Wire System이 개발되고 있다. 그림 12에서 설명하고 있는 기술의 개발로 인하여 운전사의 편의성과 내부 환경의 쾌적성 향상되었다.

지역별 개발 현황을 보면 가장 활발하게 개발하고 있는 유럽의 경우 주요 완성차업체 및 2개 대학이 컨소

시엄을 구성해 수행하고 있는 'ECUAR' 프로그램을 통해 2005년 개발을 목표로 하고 있다. 미국에서는 GM이 델파이와 함께 NAHSC (National Automated Highway System Consortium)에 참가해 개발하고 있으며 지난 97년에는 EV1 차량에 Rear Brake-by-Wire 시스템을 적용해 기술적인 가능성을 확인한 바 있다. 또한 Visteon은 각각의 조향 Wheel에 독립적인 Actuator를 설치해 제어하는 모듈화에 적합한 진보된 개념의 by-Wire 시스템을 개발하고 있다. 일본에서는 유럽이나 미국에 비하면 다소 소극적이지만 업체별로 차세대 제동 시스템으로서 Brake-by-Wire 시스템 개발 경쟁이 본격화되고 있다. 국내에서는 현대 모비스가 산업자원부에서 주관하는 '미래형 자동차 기술개발사업'에 현대자동차와 공동으로 참여해 Steer-by-Wire 기술을 개발하고 있는데 오는 2005년 6월까지의 시스템 개발, 2005년 7월부터 2007년 6월까지의 양산품 개발, 2010년 실차 적용을 목표로 하고 있다.

그림 13과 14는 현재 양산중인 X-by-Wire 시스템 중 일부를 소개하고 있다.

일체형 시동 및 발전기(ISG, Integrated Starter and Generator)

ISG는 기존 차량에서 시동시 엔진 크랭크 축과 연결되어 있는 Flywheel를 회전시켜주는 Stater 기능과 Battery

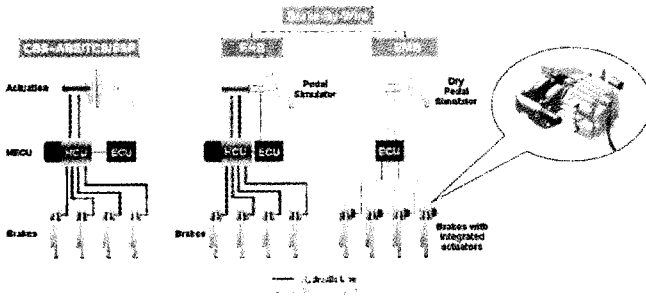


그림 11 Classification of Brake-by-Wire System

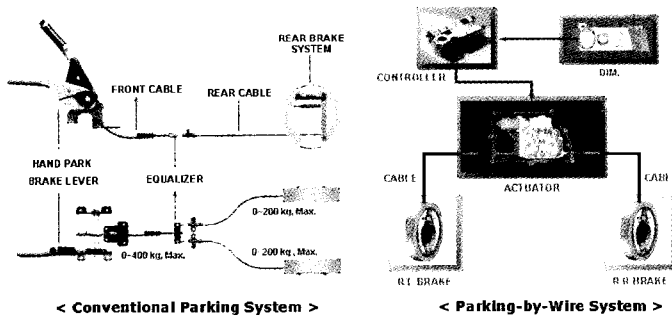


그림 12 Comparison for Conventional System and Parking-by-Wire System

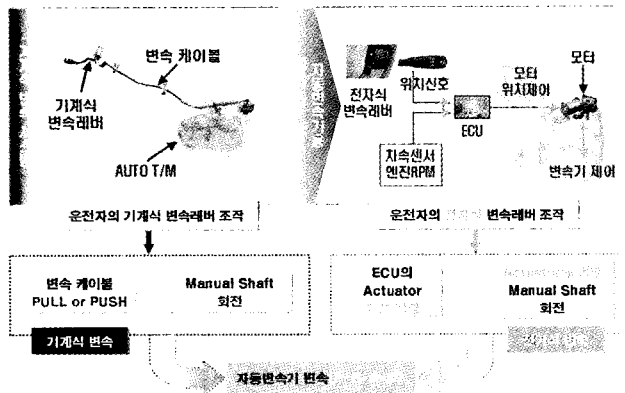


그림 13 Introduction of Shift-by-Wire System

에 전원 공급 Generator 기능을 일체화시킨 장치이며 기존 차량과 같이 비효율적인 Lay-out으로 인한 차량의 고중량을 감소하여 고연비화를 목표로 하여 개발하는 42V 시스템 차량에서 핵심부품이다. ISG의 구체적인 기능은 다음과 같다.

- Idle Stop 후 차량의 Engine Re-Start 시 Start Motor 역할(Stater)
- Engine Drive-Force 지원(Boosting)
- Mechanical Energy를 Electrical Energy로 전환하여 Battery Charge 기능(Generator)

또한, 이와 같은 기능을 갖는 ISG는 다음과 같은 이점을 갖고 있다.

- Flexible Design
- Noise Reduced Operation
- Any Nominal Voltage
- Constant Efficiency Across Speed Range
- Low Rate of Wear
- Emergency Car Drive

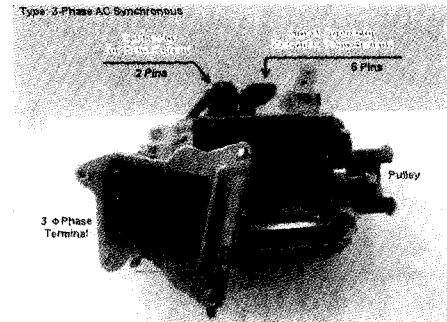


그림 16 Structure of ISG

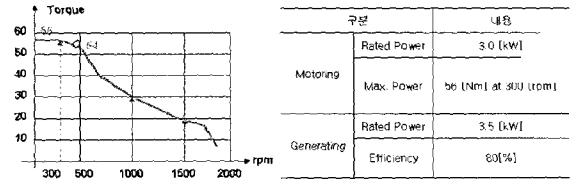


그림 17 Characteristics of ISG

- Start-Stop Operation
- Engine Electrical Assistance (Boost, Regenerative Brake)

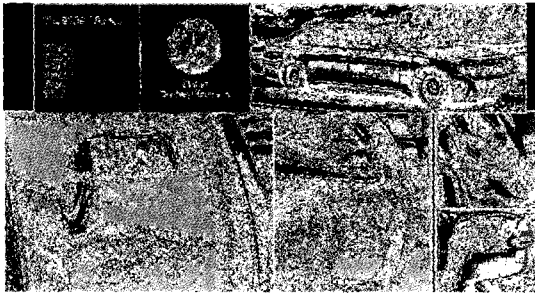


그림 14 Shift-by-Wire System in the BMW 7 Series

Company	Approach Level	Product	Remarks
SIEMENS VDO AUTOMOTIVE (GERMANY)	MASS PRODUCT → BMW 746i		POWER TRAIN CHASSIS INTERIOR 부품
CONTINENTAL TEVES (GERMANY)	MASS PRODUCT → RENAULT VELSATIS		BRAKE SYSTEM
DHAR AUTOMOTIVE SYSTEMS (U.S.A)	MASS PRODUCT → JAGUAR S-TYPE		CHASSIS 부품

그림 15 Parking-by-Wire System in The World

국내의 산업기술의 동향이 환경친화적으로 변화함에 따라 자동차 산업에도 많은 영향을 주고 있다. 대표적인 현상으로 자동차의 연비향상을 통한 원유사용량, 배기가스 배출량 감소를 위한 시스템이 개발, 생산 중이며, 특히 엔진의 부하를 감소시키고 전동기를 동력원으로 하는 전기시스템의 개발이 활발히 진행 중이다. 따라서 전동기의 설계 및 제작 기술이 최적화되고, 지속적으로 발전하기 위하여 산·학·연의 공동 노력이 필요한 시점이다. 또한, 고정밀, 고효율, 고출력화, 소형화/경량화, 신뢰성 확보, 내환경성 확보, 환경친화적 부품사용 등에 까다로운 자동차 요구 조건에 부합할 수 있도록 전동기의 설계방향과 소재의 개발도 함께 진행되어져야 할 것이다.