

Electric Power Steering



Contents

EPS 시스템 개요

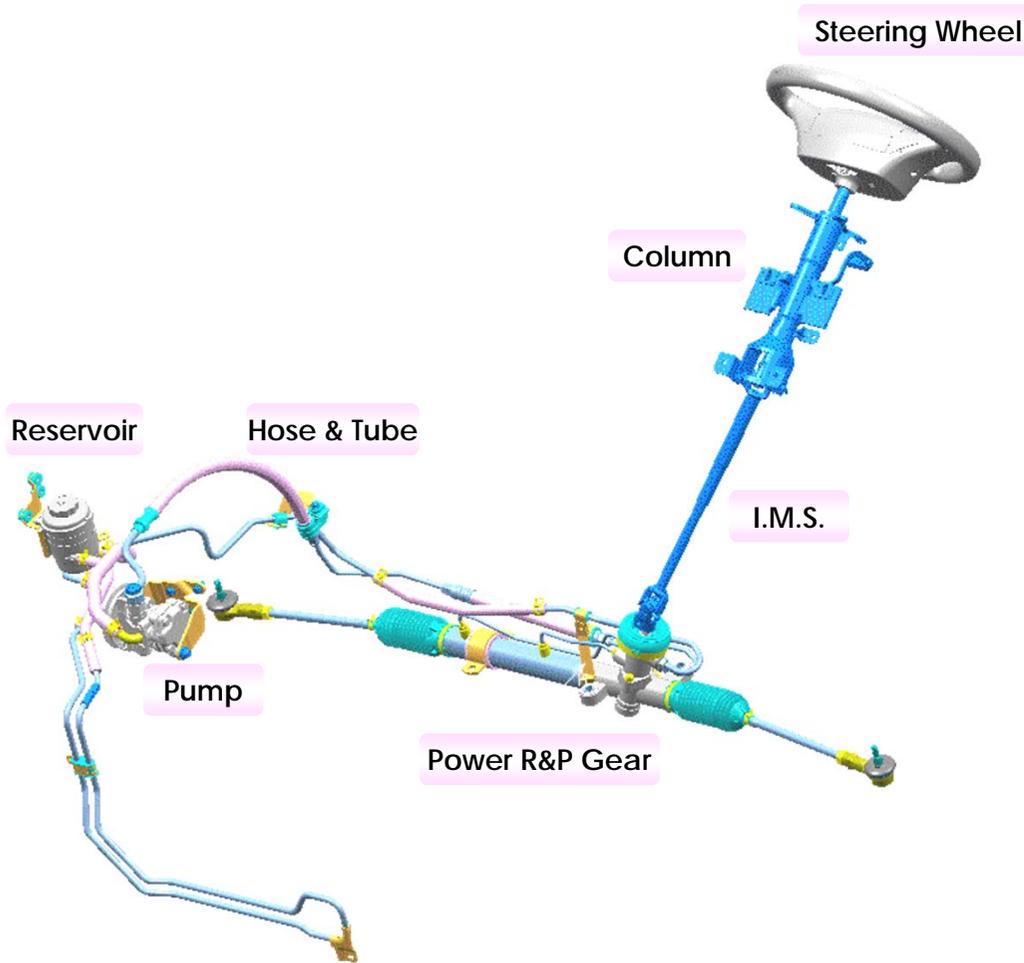
C-EPS 작동 원리

C-EPS 구조

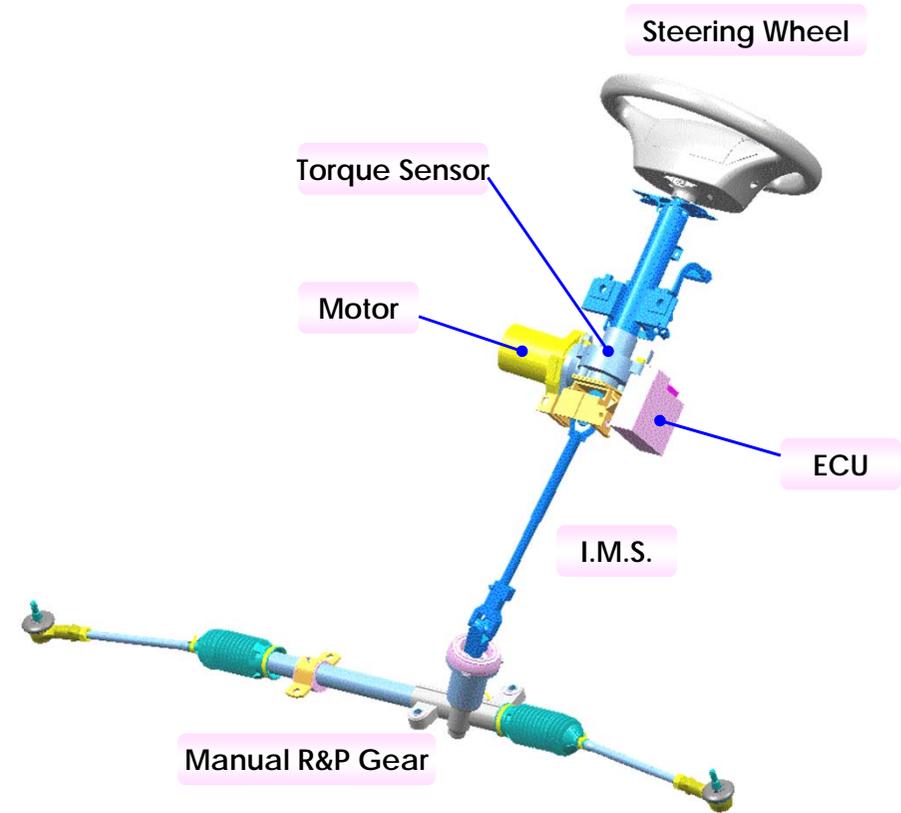
C-EPS 기능 / 특징

EPS 시스템 개요

■ Components of Power Steering System (Hydraulic vs. Electric)



Hydraulic Power Steering



Electric Power Steering

EPS 시스템 개요

EPS 개발 배경

저렴한 유지비, 우수한 성능, 용이한 유지/보수, 조립용이성 등의 고객요구 및 환경규제 강화 배기가스 규제에 따른 개발환경을 요구로 하여

- ① 펌프, Pump drive, 오일탱크 및 유압식 파이프 삭제로 인해 부품 수 감소 및 무게감소,
- ② 차량모터의 독립성,
- ③ 성능요구사항에 맞춰진 에너지 소비량 및 비교적 적은 엔진소모
- ④ 속도 또는 하중에 의한 영향에 따라 Steering effort를 조절할 수 있는 용이성
- ⑤ 오일 계통 삭제
- ⑥ 개발기간 단축/ 조립성향상 등의 장점으로 개발이 되었다.

EPS 시스템 개요

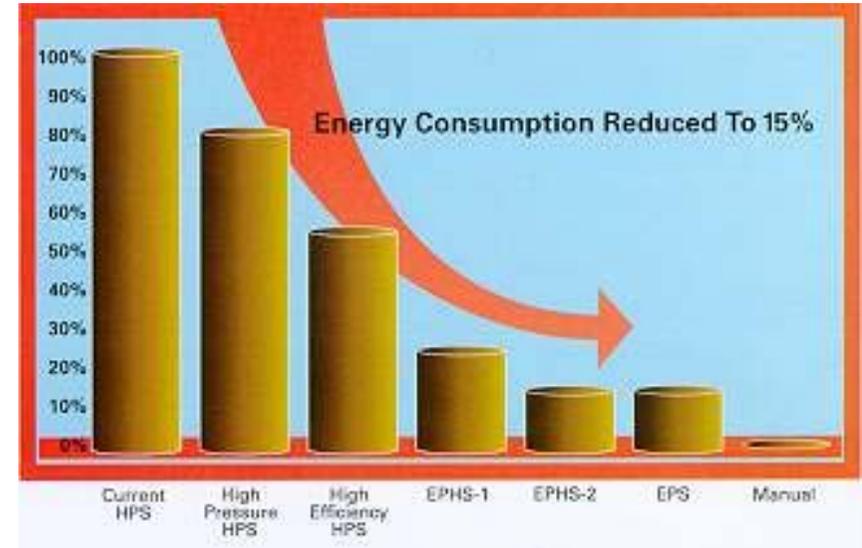
EPS의 특징 및 효과

① 조향성능향상

- 차량 속도별 적절한 조타력 제공
- 우수한 고속 주행 안정성
- Damping 제어, Friction제어, Return제어등 가능.

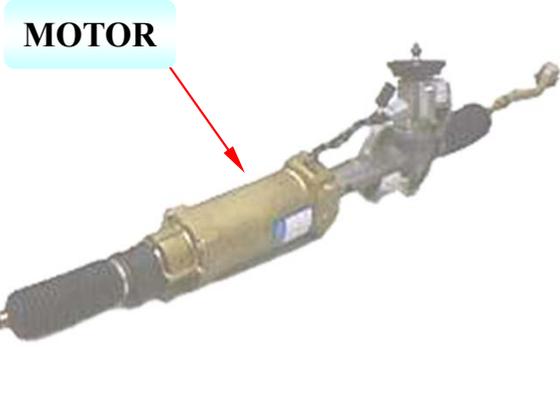
② 연비 향상

- 조향시에만 에너지 소모(연비향상: 3~5%)
- 무게감소(3~5kg): Pump, Hose, Pully, Reservoir, Belt, Fixture 등 불필요



EPS 시스템 개요

Classification of EPS

	C-EPS	P-EPS	R-EPS
STRUCTURE	 <p>MOTOR</p>	 <p>MOTOR</p>	 <p>MOTOR</p>
FEATURE	<ul style="list-style-type: none"> -Column Assist Type -Economical solution -Compact Size -Small&Medium Sized Vehicle 	<ul style="list-style-type: none"> -Pinion Assist Type -Flexibility in packaging -Favorable to Motor noise -Medium Sized Vehicle 	<ul style="list-style-type: none"> -Rack Assist Type -Maximum Assist force -Rigidity in force transferring -Large Sized Vehicle
FAW of vehicle	~900 Kgf (~ 1,800cc)	~1,000 Kgf (~ 2,000cc)	1,000~1,500 Kgf (2,000 ~ 3,000cc)
Motor Current	25~65A	30~65A	60~80A
Rack Force	~650 Kgf	~700 Kgf	700~850 Kgf @14V 700~1100 Kgf @42V

EPS 시스템 개요

EPS 의 분류

1) C-EPS

Column 을 Assist 하여 파워스티어링을 하는 Type으로, Compact 한 SIZE가 장점이다 . 소형 또는 중소형 차량 (FAW: ~900Kgf (~1,800cc)) 에 주로 적용하고 있다.

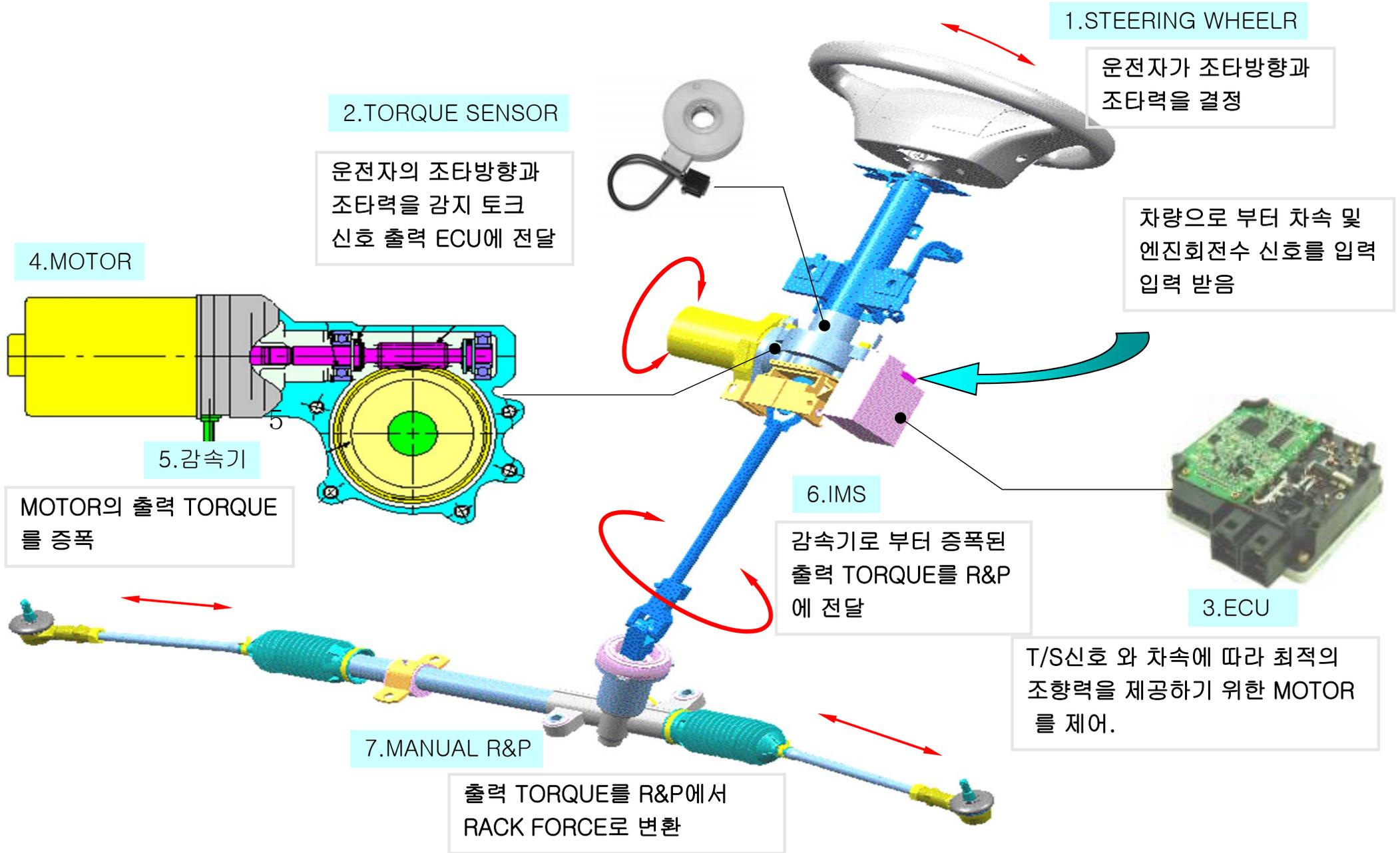
2) P-EPS

스티어링 기어의 피니언부를 Assist 하여 파워스티어링을 하는 Type으로 Packaging 의 유연성이 있고, 중형차 량 (FAW: ~1000Kgf (~2,000cc)) 에 적용되고 있다.

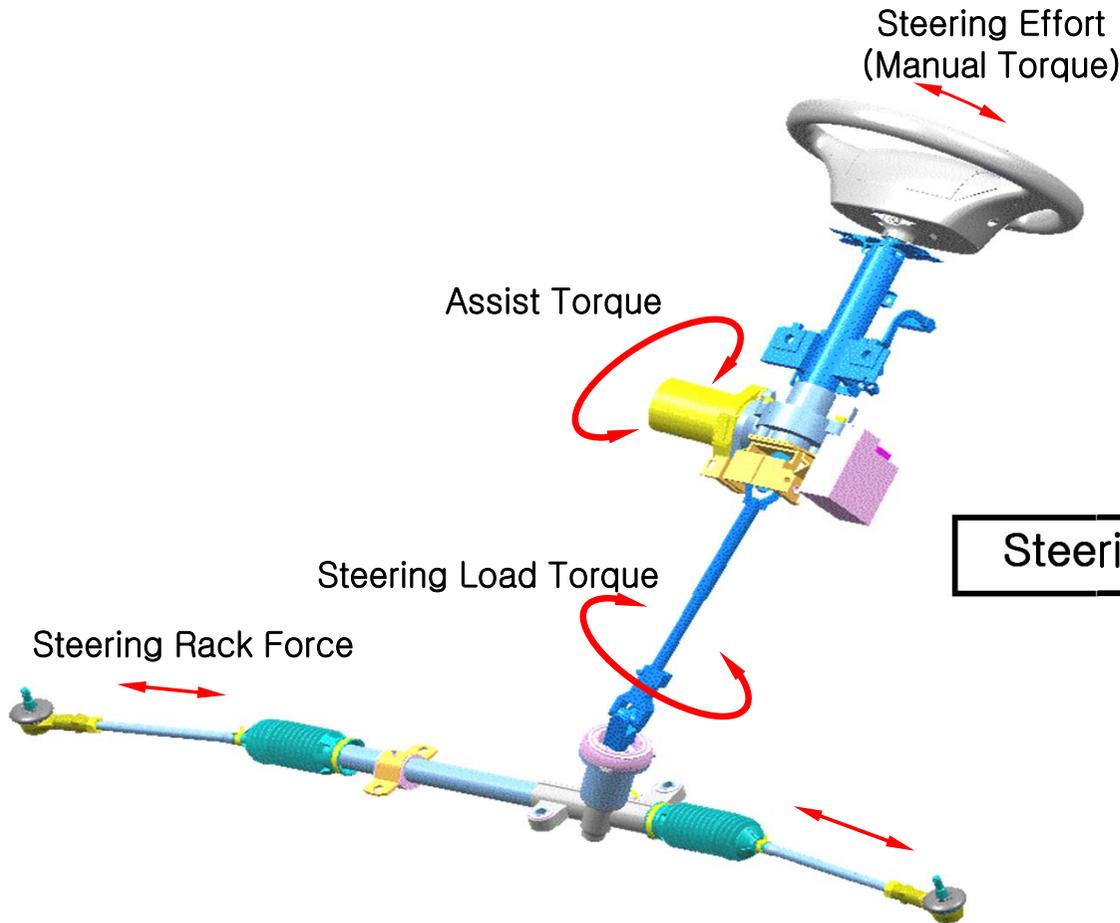
2) R-EPS

스티어링 기어의 랙부를 Assist 하여 파워스티어링을 하는 Type으로, 최대 Assist Force를 낼 수 있다. 동력 전달에 있어서 강성이 있으며 대형차량 (FAW: 1000~1500Kgf (2,000~3,000cc))에 적용되고 있다.

C-EPS의 구성 및 작동원리



C-EPS의 구성 및 작동원리



$$\begin{aligned} \text{Rack Force} * \text{Gear Ratio} &= \text{Load Torque} \\ \text{Manual Torque} + \text{Assist Torque} &= \text{Output Torque} \\ \text{Load Torque} &\cong \text{Output Torque} \end{aligned}$$

$$\text{Steering Effort} (\downarrow) = \text{Load Torque} - \text{Assist Torque} (\uparrow)$$

운전자가 조향을 위해 Steering Wheel을(1) 조타할 때 실제 차량 중량을 지지하는 타이어와 연결된 Rack & Pinion Gear(4)은 Universal Joint가 회전(2)되는 것을 구속하며, 이때 컬럼 출력축과 입력축 사이에 위치하는 스프링의 일종인 토션바를 비틀게 된다.

이때의 비틀림량(조타각도)은 일종의 가변저항인 토오크센서를 통해 ECU에 신호를 주며, ECU는 이를 다시 전류로 제어하여 모타에 공급하며 감속기(5)를 통해 컬럼축 및 유니버설조인트에 회전력을 Assist하게 된다.

C-EPS의 구성 및 작동원리

Steering Effort

그림과 같이 유니버설조인트에 가해지는 토크(Load Torque)는 조향 기어의 Rack Force 에 Gear ratio 를 곱한 값이며, 이는 운전자가 스티어링 휠을 회전시킨 Manual Torque (Steering effort) 에 모터를 구동시켜 얻은 Assist Torque 를 더한 값인 Output Torque 와 동일한 값으로 가정할 때 운전자가 스티어링 휠을 회전 시킬 때의 Steering Effort는 Load Torque 에서 Assist Torque를 뺀 값임을 알 수 있다.

C-EPS의 구성 및 작동원리

차속 감응형 Power Steering 의 특징

차량의 주행속도에 따라 핸들의 조타력을 전자제어로 적절히 변화 시켜

- ① **PARKING** 또는 저속 시에는 조타력을 가볍게 함
- ② 고속 시에는 조타력을 무겁게 하여 고속 주행에 안정성을 갖게 함

Electric Power Steering 의 특징

차속 감응형 **Power Steering (ECPS)**의 기능 뿐만 아니라

각각의 주행 속도에 따라 운전자가 원하는 핸들 조타력 튜닝이 가능

C-EPS의 구성 및 작동원리

Control Logic 의 구성

항 목

주요 기능

■ 조타력 제어

차속별 조타력 설정

■ 마찰 보상 제어

EPS 시스템의 기계적인 마찰 보상

■ 댐핑 보상 제어

수방안정성 및 조정안정성 향상

■ 관성 보상 제어

모터에 의한 관성감 개선 및 응답성 향상

■ 복원 제어

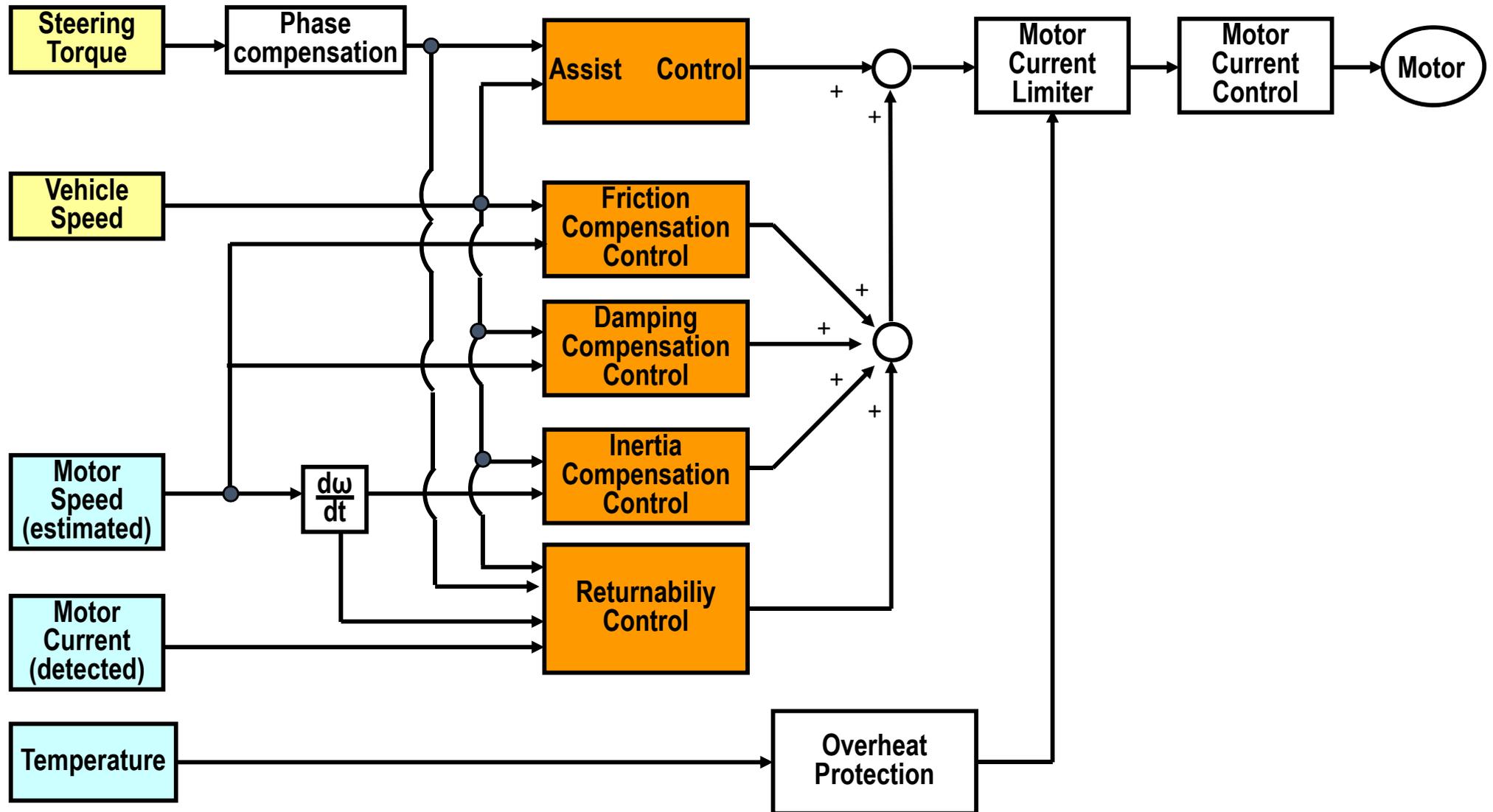
복원성능 및 **On-Center Feel** 향상

■ **Fail-Safe**

고장진단 및 오동작 방지

C-EPS의 구성 및 작동원리

Control Logic



C-EPS의 구성 및 작동원리

Control Logic

운전자가 조향을 위해 **steering wheel**을 회전할 때 핸들 토크는 토크 센서를 통해 **ECU**로 입력 된다. 이 신호는 위상 보상 제어를 통해 **vehicle speed**와 조합되어 미리 설정 되어 있는 **Assist current map**에 따라 **Motor**에 전류를 인가한다.

이 때 모터의 회전 각속도를 검출 하여 **Friction, Damping, Inertia, Returnability compensation**을 계산하여 **Assist current map**과의 연산을 통해 모터에 전류를 인가한다.

처음 시동을 켰을 때 온도 센서가 **ECU**의 온도를 측정하여 **overheat protection**을 설정하여 시스템 보호를 위해 전류를 제한해 준다.

C-EPS의 구성 및 작동원리

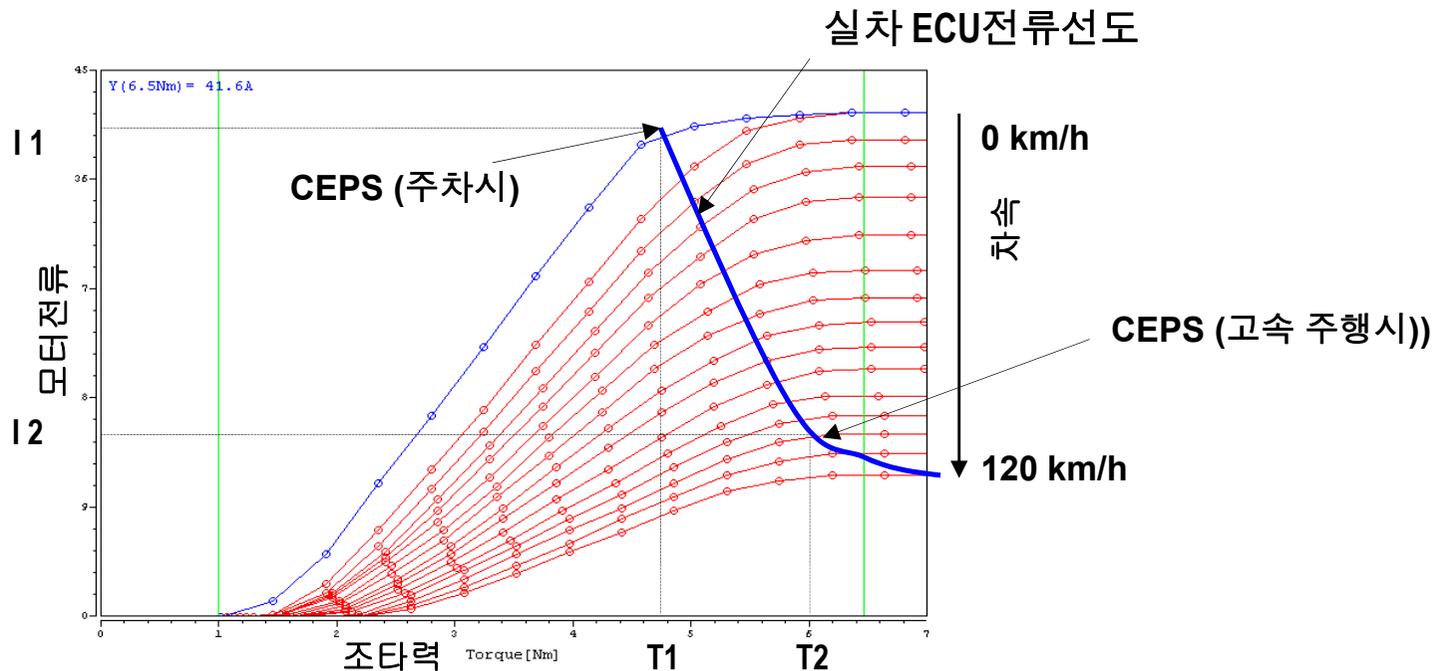
1. 조타력 제어

■ 목 적 : 핸들 토오크, 모터전류, 차속으로 구성된 모터전류 MAP을 튜닝하여, 차속별로 최적의 조타력을 제공. (저속에서는 가볍게, 고속에서는 무겁게)

■ 차속별 조타력 설정방법 :

- 8km/h 간격으로 16 구간의 차속에 대한 전류 MAP을 설정가능
- 각 차속에 대하여 최대 16 Point 미세 Tuning 가능
(∵ 16bit 마이콤을 사용하므로 16의 배수를 사용하는 것이 최적임)

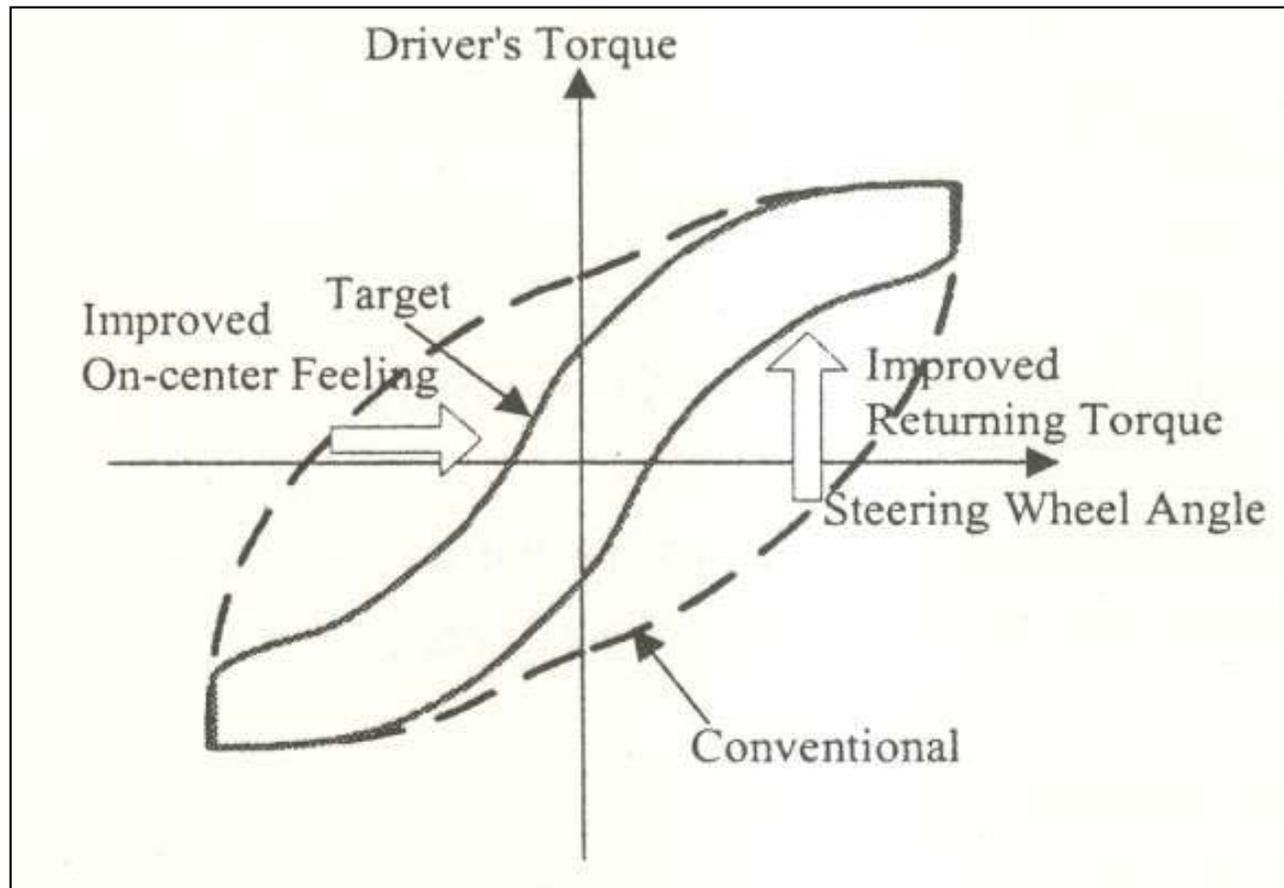
Example. 모터 전류 MAP



C-EPS의 구성 및 작동원리

2. 복원제어

- 목적 : 조향각 센서를 사용하지 않고, 연산된 Alignment Torque에 기초한 복원제어 전류를 인가하여, 차량의 복원성능 및 **On-Center Feel**을 향상.



C-EPS의 구성 및 작동원리

■ Failsafe Block Diagram

EPS 시스템은 **ECU**가 각종 센서들의 신호들을 입력 받아 **Motor** 전류를 제어함으로써 운전자의 조타력을 보조함. 이 때 입력되는 신호의 오작동 등으로 인해 **ECU**가 올바른 제어를 하지 못하게 됨으로써 발생할 수 있는 위험들을 방지하기 위해 **Failsafe** 기능이 내장되어 있음.

입력된 핸들 토크, 차속, 엔진 rpm은 **ECU**의 내부의 **indicator diagnosis**에서 판단하며 **fail** 발생 시 모터에 **assist**전류를 인가하지 않고 매뉴얼 상태로 만들어 준다.

Micro computer는 **Watchdog Timer**를 통해 감시함.

C-EPS의 구성 및 작동원리

3. C-EPS의 Failsafe 항목

분 류	항 목	발생 가능한 고장 모드
센서 신호	토오크 센서 Main/Sub 토오크 센서 전원전압 차속 센서 엔진 RPM 신호 써미스터 (온도센서)	커넥터 접촉불량 커넥터 접촉 누락 와이어하네스의 단선/접지 특성 불량 써미스터 결함
모터	모터의 전압 (M+, M-, both) 모터 전류 과다 모터 전류 부족	와이어하네스의 접지불량/ 배터리 쇼트 와이어하네스의 단선/단락 모터 단락 모터 릴레이 결함 커넥터의 접촉불량 FET 결함
배터리 전압	배터리 전압 (상한치 / 하한치)	배터리 전압 Fail-safe 릴레이의 접촉불량
ECU	Fail – safe 릴레이 ASIC (주문형반도체) CPU (ROM, RAM)	Fail-safe 릴레이의 고착 ASIC의 결함 CPU의 결함

C-EPS 구성품

C-EPS Ass'y



EPS Motor



ECU



Torque Sensor



Reduction Gear



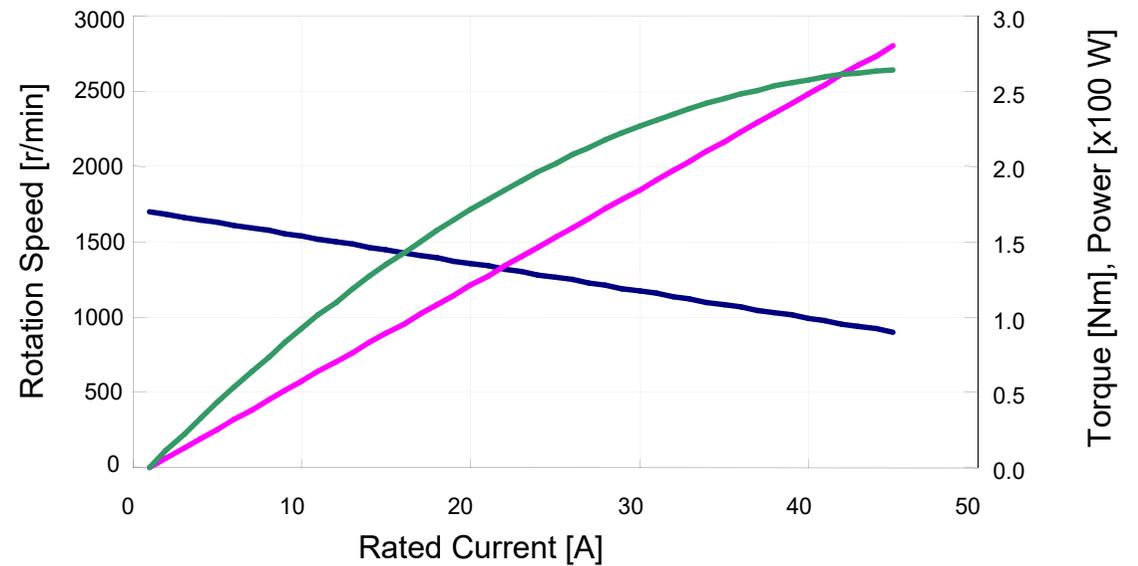
C-EPS 구성품

DC Motor

Specification of DC MOTOR

Motor type		V2
Performance item	Rated Current (A)	45
	Rated Voltage (V)	12
	Dimension $\Phi D \times L$ (mm)	$\Phi 76 \times 119$
	No Load Speed (r/min)	1700
	Rated Torque (N·m)	2.80
	Rated Speed (r/min)	900
	Rated Power (W)	264
	Inertia (g·m ²)	0.35

Performance Curve (20 °C)



C-EPS 구성품

DC Motor

1. DC Motor 특성

- 고정자로 영구자석을 사용하고, 회전자 (전기자)로 코일을 사용하여 구성한 것으로, 전기자에 흐르는 전류의 방향을 전환함으로써 자력의 반발, 흡인력으로 회전력을 생성
회전 제어 용이, 전류에 대한 토크 값이 **Linear**
브러쉬 및 정류자로 인한 소음 및 수명에 대한 단점

2. DC Motor Specification

- 정격 전류 **45[A]**, 정격 전압 **DC12[V]**
- 무 부하 상태 **12[V]**입력 시 **Rotational Speed 1700[rpm]**
- **45[A]**부하상태 **12[V]**입력 시 **Rotational Speed 900[rpm]**, **Torque 2.8[Nm]**, **출력264[W]**

C-EPS 구성품

■ ECU 의 기능

- C-EPS ECU(Electronic Control Unit)는 기본적으로 토크센서와 차속센서의 입력신호로부터 모터를 구동시켜 운전자의 조향보조력을 제어하는 전자제어장치이다.
- 모터구동은 배터리 전원을 사용하고, 엔진RPM으로 시동여부를 판단한다. 또한 EPS의 고장발생 여부를 경고등으로 표시하며, 모터 전류소비가 클 경우 엔진ECU에 엔진RPM을 높이도록 Idle up신호를 보낸다.
- ECU는 앞서 설명된 EPS 시스템을 동작시키는 Logic 부분과 Fail safe 기능 및 통신기능이 있다. 특히 통신기능은 외부에 자가진단 장치를 연결하여 ECU 내부 정보의 모니터링 및 고장코드 확인과 소거를 할 수 있다.
- 센서의 전기적인 특성 따라 ECU의 외부 Interface부가 다양해 질 수 있다 . 예를 들어 토크센서의 경우 가변저항형 또는 자기저항형 등이 있고, 차속센서의 경우 센서 출력단이 Transistor open collector형 또는 Push-pull형 등인 경우가 있다.
- 따라서 ECU가 이런 다양한 외부 신호들의 시간영역과 주파수영역 특성을 반영한 ECU의 내부 Interface hardware와 software적인 신호처리 및 상기 기능의 구현으로 최상의 EPS 제어를 하도록 한다.

C-EPS 구성품

감속기어

.감속기의 기능은 Motor의 출력 Torque를 시스템에서 필요로 하는 Torque로 증폭
일반적으로 모터와 직결된 Worm과 컬럼의 출력 축에 연결된 Worm wheel로 구성되
어 일정한 감속비를 갖는 Worm감속기가 주로 적용

.CEPS에 적용되는 Worm감속기는,
저소음화를 위해 고분자 Plastic 재질의 Worm wheel을 적용하고
이에 따른 치강도 특성을 고려하여 다줄의 감속기로 설계, 치강도 검증.

.Worm 감속기의 주요성능은 유격 과 회전 토오크로 나타나며,
이 두가지 인자는 서로 밀접한 연관성을 갖고 있다.
따라서 이들 성능을 만족시키기 위해 보다 세심한 관리가 필요하다



C-EPS 구성품

Torque Sensor의 원리

- . 컬럼의 Input Shaft와 Output Shaft 사이에 동축의 토션바가 연결되며, 운전자의 조타시 발생하는 토션바의 상대 변위(비틀림)을 측정하여 토션바의 스프링 상수값을 적용, 운전자의 토크를 계산한다.
- . 센서는 하우징, 전원 공급패턴, I/S 비틀림 감지부 (Rotor 1), O/S 비틀림 감지부(Rotor 2), Cover, Wire Harness로 구성된다.

