

MDPS시스템용 Torque Sensor의 개발 동향

전창남 주임연구원, 이석우 책임연구원, 공준호 이사 (대성전기공업(주))

1. 서론

자동차의 무게는 최소한 1톤, 많게는 2톤이 넘기 때문에 차량의 무게가 실린 자동차 타이어를 움직여 방향을 바꾸는 일은 그리 쉬운 일이 아니다. 주행 중에는 비교적 쉽게 조향을 할 수 있으나, 주차할 때처럼 저속으로 여러 번 움직여야 하는 상황에서 스티어링 휠을 돌릴 때는 웬만한 팔운동 이상으로 힘이 들어간다. 이처럼 무거운 핸들 조작을 쉽게 할 수 있도록 보조해 주는 시스템이 바로 파워스티어링시스템 (Power Steering System)이다.

파워스티어링시스템은 1946년 벤츠사가 개발한 유압식 자동문의 원리를 이용해 1952년 미국의 크라이슬러사가 파워스티어링이라는 반자동식 핸들을 만들어냈다. 이후로 현재까지 유압식 파워스티어링 시스템이 사용되고 있으며, 현재 판매되고 있는 거의 모든 차량에는 파워스티어링이 장착되어 있다고 할 정도로 대중화되어 있는 자동차 시스템이다.

현재 개발되고 있는 파워 스티어링 시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 크게 2가지 방식으로 나뉘는데 유압식 파워스티어링 (HPS : Hydraulic Power Steering)과 전기식 파워스티어링 (EPS : Electric Power Steering)이라 할 수 있다.

파워스티어링이 처음 개발되면서 부터 사용되어 오던 유압식 파워스티어링 (HPS : Hydraulic Power Steering)은 저속주행 및 주차 시의 조향력 증가문제는 해결하였으나 고속주행 중 노면과의 접지력 저하

에 따른 조향 휠의 압력이 가벼워지는 문제는 해결할 수 없었다. 이 같은 문제점을 보완하기 위해 개발된 방식이 바로 속도 감응형 파워스티어링시스템 (SSPS : Speed Sensitive Power Steering or EHPS : Electronic Hybrid Power Steering)이다. 차량의 속도를 감지하여 전기모터에 의해 유압을 제어하는 방식으로 현재 프리미엄급 고급 차량에 주로 장착되고 있다.

전기식 파워스티어링 (EPS : Electric Power Steering 이하 EPS로 칭함)은 1980년대 초반 전기자동차에 사용할 목적으로 개발되기 시작하였으나, EPS가 갖는 장점인 친환경, 연비 향상 등의 이유로 현재는 중, 소형 차량에 주로 장착되고 있다.

향후 조향관련 전자장치개발 동향을 살펴보면

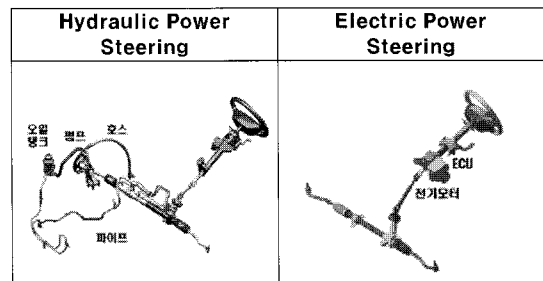


그림 1. Power Steering System.

AFSS (Active Front Steering System ; 능동전륜 조향 장치), LKAS (Lane Keeping Assist System ; 차선유지장치), APS (Auto Parking System ; 자동주차장치), ARP (Active Roll over Protection ; 전복방지 보조장치) 등과 같이 차량이 위험을 감지하면 능동적으로 스티어링을 제어하여 주는 장치들이 개발되고 차량에 장착되고 있다. 이처럼 차량 조향장치의 패러다임이 수동적인 조향 제어시스템에서 능동적인 조향 제어시스템으로 변화하고 있다.

현대 자동차도 2015년 전 차종에 EPS (MDPS) 시스템을 전 차종에 확대 적용한다는 방침을 내놓고 있으며, 세계적인 차량용 현가장치 개발업체인 JTEKT, NSK, Showa Corp, ThyssenKrupp, TRW Automotive, ZF Lenksysteme 등에서 발표한 자료들을 취합해보면 (그림 2) 향후 유압식 파워스티어링 (HPS)보다는 전기식 파워스티어링 (EPS)시스템이 주류를 이룰 전망이다.

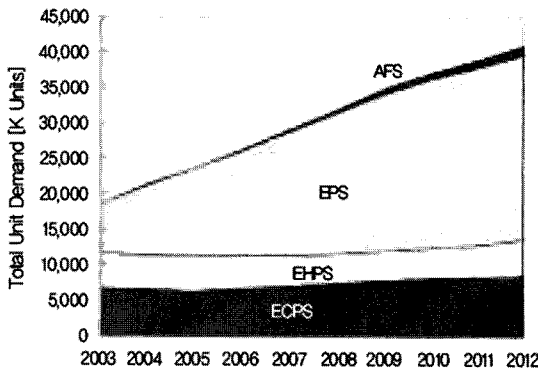


그림 2. 파워스티어링시스템 시장전망 (TRW).

2. MDPS시스템

2.1 MDPS 정의

기존의 HPS가 유압의 힘을 이용해 조향력을 보조 해주었다면, EPS시스템은 모터를 이용하여 조향력을 보조해주는 시스템이다. 즉 모터를 이용하는 EPS 시스템이라 하여 MDPS시스템 (Motor Driven Power Steering 이하 MDPS 표기함)이라 표현하기

도 한다.

2.2 MDPS시스템 구성

MDPS는 기능적 측면에서 볼 때 입력부, 제어부, 출력부로 구성되어 있다. 입력부는 입력센서 신호로부터 운전상황을 판단하는 역할을 하며, 제어부는 입력센서의 정보를 바탕으로 전자제어 유니트 (ECU)에 설정된 제어로직에 따라 출력부를 제어하고, 출력부는 ECU의 신호를 받아 모터를 구동하며, 경고등, 아이들업, 자기진단기능을 수행한다.

그림3에서 보는 바와 같이 MDPS시스템에 사용되는 부품구성은 조향컬럼 (Steering Column), Torsion Bar, 모터, 감속기어, ECU 및 토크센서, 차속 센서로 구성되어 있다.

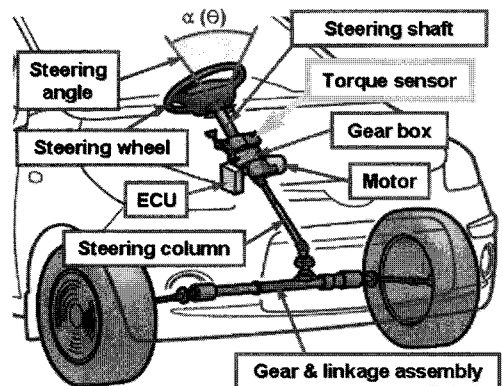


그림 3. MDPS시스템.

2.3 MDPS의 동작원리

운전자가 조향의지를 가지고 핸들을 조작할 때, 타이어와 노면의 마찰력에 의하여 운전자의 조향력과 타이어 휠의 조향력 사이에 차이가 발생한다. 즉, 스티어링 칼럼의 입력축과 출력축 사이에 비틀림 토크가 발생되며, 이때 발생된 토크는 스티어링컬럼의 출력축과 입력축을 연결하는 토션바에 의해 양축의 비틀림 각으로 변환된다. 이때, 토크센서는 비틀림 각을 검출하고 이를 전기적 신호로 변환하여 ECU로 전달한다. ECU는 토크센서에서 전달받은 신호를 토크량으로 변환한 후, 모터를 구동하여 토크를 상쇄



시킨다. 이로써 운전자는 작은 힘으로 편하게 조향 장치를 조작하는 것이 가능하다.

2.4 MDPS장점

- (1) 오일 및 유압관련기구 삭제로 차량 무게 감소 (약2.5 Kg)
- (2) 유압 펌프 삭제로 엔진 동력 손실 방지로 연비 향상(3~5%)
- (3) 유압유 오일 삭제로 친환경성
- (4) 엔진정지 시에도 조향력 증대가 가능
- (5) 조타 특성 튜닝이 용이
- (6) 차량 속도별 정확한 조타력 제어가 가능
- (7) 고속 주행 안전성이 향상
- (8) 오일펌프 동작을 위한 벨트 삭제로 소음 저감

2.5 MDPS단점

- (1) 유압식 대비 복귀력 열세로 핸들링 저하
- (2) 매뉴얼 타입에 대비 가격이 상승
- (3) 저관성 모터 개발이 필요

이처럼 MDPS시스템은 많은 장점을 가지고 있으며, 현재 MDPS시스템이 갖는 단점은 향후 기술 향상으로 충분히 개선될 것으로 본다.

2.6 MDPS종류

그림 4에서 보는 바와 같이 MDPS시스템은 MOTOR의 부착위치에 따라 그 종류를 구분하며, 타

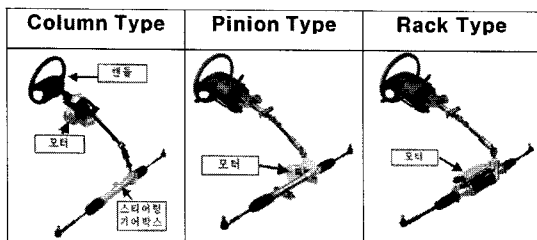


그림 4. MDPS (EPS)의 종류.

입별로 조타력의 차이로 인하여 적용 차량도 다소 차이를 갖는다.

- (1) Column Assist Type MDPS : Rack Force가 650 Kgf 이하에 사용 (소형차)
 - (2) Pinion Assist Type MDPS : Rack Force가 700 Kgf 이하에 사용 (중형차)
 - (3) Rack Assist Type MDPS : Rack Force가 700~1100 Kgf에 사용 (대형차, SUV)
- * Rack Force의 차이는 Motor의 출력이 기인하는데, 현재 계속적으로 소형화 고효율의 Motor가 개발됨에 따라 현재는 거의 모든 차량에서 Column Type MDPS가 적용되고 있다.

앞에서 언급한 것처럼 향후 조향시스템은 다양한 장점을 갖는 MDPS (EPS)시스템이 확대 적용될 것으로 예측되며, MDPS관련 부품 또한 활발하게 개발이 진행될 것이다.

3. MDPS용 Torque Sensor

MDPS시스템은 조향핸들에 연결된 입력축과 바퀴쪽에 연결된 출력축사이에서 발생하는 비틀림을 센서가 감지하여 부족한 조향력을 Motor로 보조해주는 장치이다. MDPS시스템에서 입력축과 출력축 사이에 비틀림 토크를 측정하는 것은 MDPS시스템에서 중요한 요소기술 중에 하나이다. 이 때, 비틀림 토크를 측정하는 센서가 바로 토크센서 (Torque Sensor)이다.

-Tip- 일반적으로 비틀림 토크는 단위가 Nm로 비틀림 토크를 힘의 단위로 검출하는 센서를 흔히 생각할 것이다. 그러나 MDPS용 Torque Sensor는 입력축과 출력축 사이의 비틀림 량을 (각도) 측정하여 전류값으로 출력하는 센서로 기능적인 측면에서만 보면 앵글검출센서라 보는 것이 더 정확할 것이다. 그러나 산업 분야에서 일반적으로 토크센서라 통용되고 있다.

3.1 Torque Sensor 분류

MDPS용 토크센서는 무려 1만 건이 넘는 특허 등

록건수에서만 보아도 알 수 있듯이 다양한 종류의 검출방식들이 존재하며, 실제로도 다양한 검출방식으로 제작되어 차량에 장착되어 왔다.

MDPS용 토크센서는 검출원리 및 방식에 따라서 크게 접촉식 검출방식과 비접촉식 검출방식으로 구분 짓는다.

3.1.1 접촉식 (직접) 검출방식

- (1) 스트레인 게이지 (Strain Gauge)
- (2) 포텐서미터 (Potentiometer)

3.1.2 비접촉식 (간접) 검출방식

- (1) 자기 인덕턴스 (Inductance) 검출방식
- (2) 자기저항 (Magneto Resistance) 검출방식
- (3) 홀 (Hall Effect) 전압 검출방식
- (4) 정전용량 (Capacitance) 검출방식
- (5) 광학식 (Optical) 검출방식

상기에 언급한 방식 이외에도 다양한 방식의 MDPS용 토크센서의 검출방식이 특허로 등록되어 있다.

3.2 Torque Sensor의 검출 방식

각각의 검출 방식에 대하여 살펴보도록 하겠다.

3.2.1 스트레인 게이지 (Strain Gauge)

직접적으로 변형량을 측정하는 대표적인 방식으로 그림 5에서와 같이 토션바에 스트레인게이지를

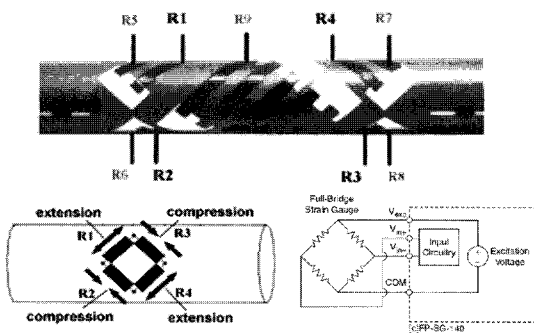


그림 5. 스트레인 게이지 (Strain Gauge).

부착하고 토션바의 변형에 의해 토션바에 부착된 스트레인게이지의 전기적 저항 변화율을 측정하여, 비틀림 변형률을 측정하는 방식이다.

3.2.2 포텐서미터 (Potentiometer)

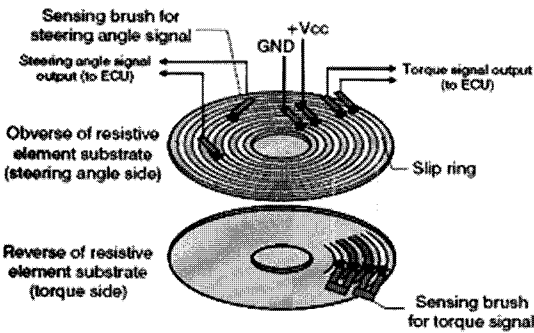
그림 6에서 보는 바와 같이 입력축과 출력축에 코일이 인쇄된 회로기판이 각각 부착이 되고 입력축과 출력축의 비틀림 발생 시 코일에서의 저항값에 차이가 발생하고, 이를 검출하는 방식이다. 이 같은 포텐서미터방식을 1980년대 MDPS시스템이 개발되면서부터 2000년대 초반까지 사용되었던 검출방식으로, 국내에서는 현대자동차의 베르나 MDPS시스템에 장착되어 있다.

3.2.3 자기 인덕턴스 (Inductance) 검출방식

코일의 주변에서 자기력의 변화가 발생하면 코일 내부에 인덕턴스가 변화하는 원리를 이용한 방식으로, 그림 7에서와 같이 입력축과 출력축에 각각 연결된 연자성 재질의 검출링 사이의 비틀림 발생으로 인하여 검출코일 주변에 자기장 변화가 일어나고, 이로 인하여 검출코일 내부의 인덕턴스 변화가 일어나게 된다. 이때의 인덕턴스 값을 이용하여 스티어링 휠의 비틀림 량을 검출하는 방식이다. 이 방식은 1989년 일본의 JTEKT社 (구 Koyo-Seiko)에서 처음 개발한 방식으로 온도변화에 따라 인덕턴스변화량이 크다는 갖는 단점을 보완하기 위해서 온도보상용 코일을 함께 사용해야 하는 단점이 있다. 인덕턴스 변화량 검출용 코일보빈과 온도보상용 코일 보빈이 항상 함께 사용되어야 하기에 2보빈방식 토크센서라 칭하기도 한다. 1990년대 JTECK에서 생산하는 MDPS시스템에 처음으로 적용되기 시작하여, 현재는 TOYOTA PRIUS 모델의 MDPS시스템에 적용되어 있다. 국내의 조향장치 제조업체인 만도에서도 2보빈방식의 토크센서를 생산하고 있으며, 이와 관련한 개량 특허들이 등록되어 있다. 그림 8은 만도에서 생산한 2보빈방식의 토크센서가 적용되어 현대자동차 클릭 차종에 사용된 경우이다.

3.2.4 자기저항 (Magneto Resistance) 검출 방식

강자성체 금속합금의 박막은 자계강도의 변화에



(a)

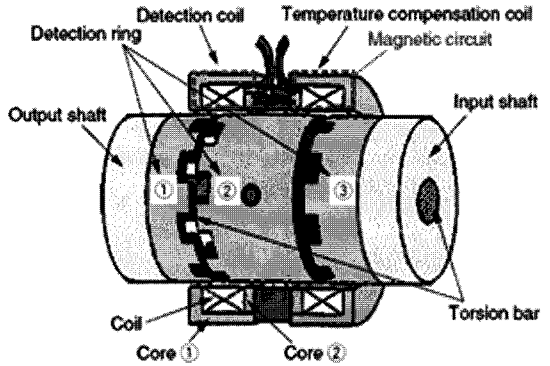
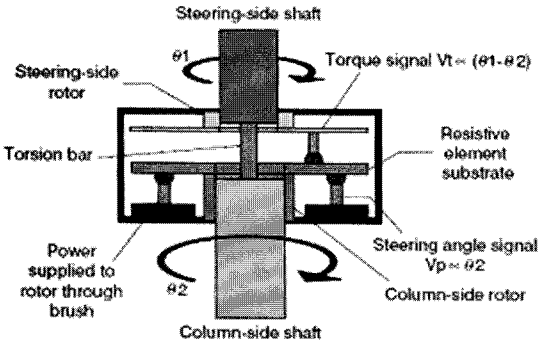


그림 7. 자기 인덕턴스 (Inductance).



(b)

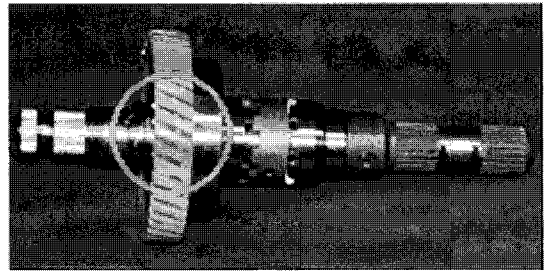
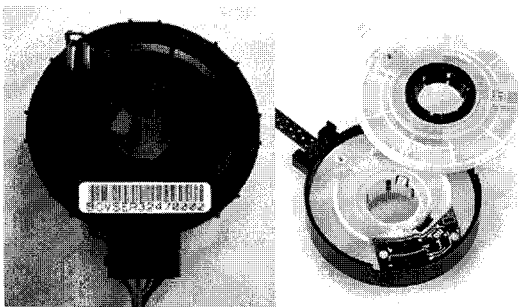


그림 8. 현대 자동차 클릭 Torque Sensor.



(c)

그림 6. 포텐시미터 (Potentiometer).

따라 저항값이 변화하며, 이를 자기저항효과 (Magneto Resistive Effect)라고 한다. 그리고, 이러한 자기저항 효과를 이용한 센서가 MR센서이다. 이 같은 MR센서에는 자기이방성 (AMR : Anisotropic Magneto - resistive Sensor), 거대 자기 저항 (GMR : Giant Magneto - resistance), 터널링 자기저항 (TMR : Tunneling Magneto-resistance) 등이 대표적인 센서이다. MR센서를 이용한 자기저항방식의 MDPS용 토크센서는 2보빈방식과 유사한 구조로 연자성 재질로 이루어진 입력축과 출력축의 비틀림에 의해서 MR센서 주변의 자계강도가 변화하고, 이를 MR센서를 이용하여 검출하는 방식이다.

자기저항방식의 토크센서는 다양한 방식으로 많은 회사에서 특허가 출원되었지만, 현재 양산되는

방식은 그림 9와 같이 Bourns社 제품이 유일하다.

3.2.5 홀전압 (Hall Effect) 검출방식

자기장의 세기에 따라 홀전압이 변화하는 홀효과 (Hall Effect)를 이용하여, 입력축과 출력축의 비틀림을 홀전압 변화로 출력하는 방식의 토크센서이다. 2개의 Hall Sensor를 적용하여 자기고장 진단기능을 구현이 가능한 장점을 갖는 홀전압 검출방식은 현재, 미국 BI社, 일본 JTEKT, 한국 LG이노텍 등의 현재 가장 많이 사용되고 있는 토크센서 검출방식이다.

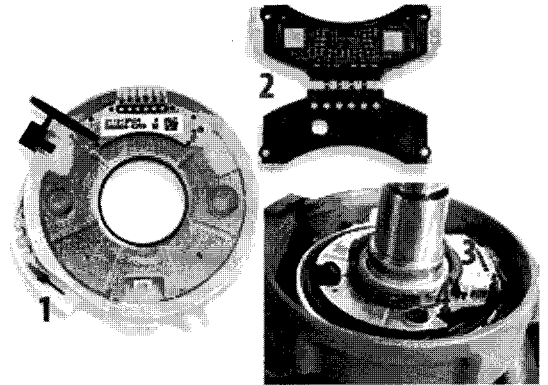


그림 9. Bourns社 Torque Sensor.

3.2.6 정전용량 (Capacitance) 검출방식

절연체 있는 도체 두 개 사이에는 정전용량이 (Capacitance) 존재하게 된다. 그리고, 두 도체 사이의 위치변화에 따라 정전용량 값이 변화하게 된다.

그림 11에서 보는 바와 같이 Transmitter와 Receiver 두 회로 기판 사이에 입력축 (Rotor 1)과 출력축 (Rotor 2)의 금속판이 존재하고 이 2개의 입력축과 출력축의 비틀림에 의하여 Transmitter와 Receiver 두 회로기판 사이에 정전용량 값의 변화량을 검출하는 방식이 바로 정전용량 검출 방식의 토크센서이다.

정전용량방식의 토크센서 관련한 주요 특허 출원 현황을 보면 미국 BI社, 독일의 헬라, 한국의 만도에서 각기 다른 디자인의 정전용량방식의 토크센서에 관한 특허를 가지고 있다.

그러나 현재 생산을 하고 있는 업체는 독일의 헬라에서만 생산을 하고 있다.

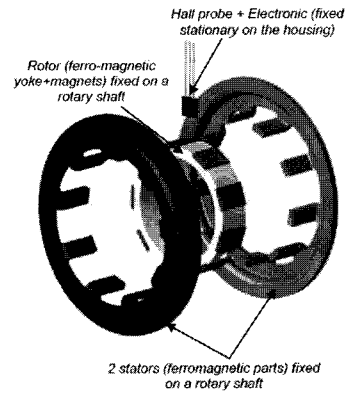


그림 10. Hall Effect 검출방식 Torque Sensor.

3.2.7 광학식 (Optical) 검출방식

발광다이오드(LED)와 같은 광원에서 발생하는 광선을 엔코더 휠 (Slot, 반사판)쪽에 주사하고 이 엔코더를 투과 혹은 반사된 광선을 포토트랜지스터 (Phototransistor)와 같은 광 감지센서를 통해 감지하는 방식이 광학식 검출방식이다.

빛의 조사량 변화를 검출하는 광학식방식 또한 다양한 구조를 취할 수 있으나, 발광부와 수광부 사이에 차단막을 두어 빛의 광량을 제어하는 TRW 특허 방식과, 발광부와 수광부 사이에 반사판을 두어

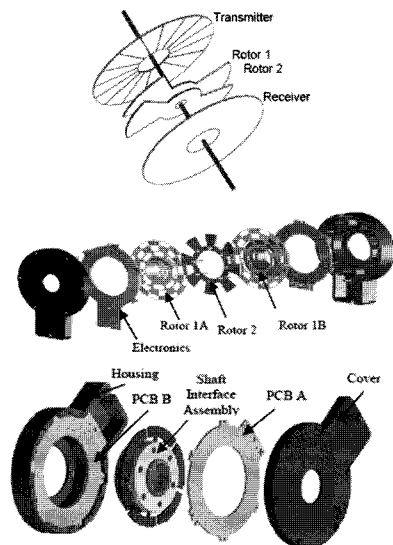


그림 11. 정전용량 (Capacitance) 검출방식.

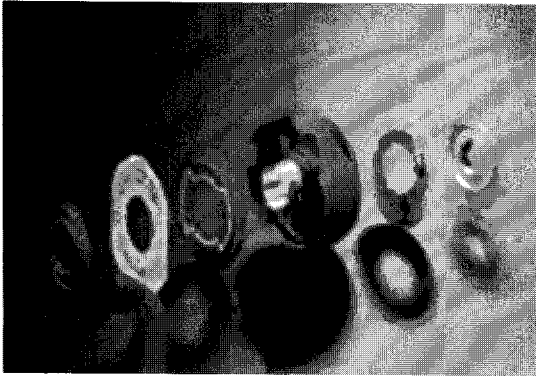
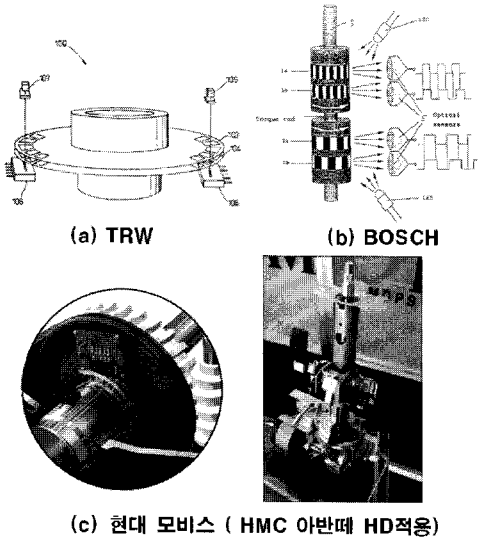


그림 12. Hella Capacitance 방식 Torque Sensor.



(c) 현대 모비스 (HMC 아반떼 HD 적용)

그림 13. 광학식 (Optical) 검출방식.

빛의 광량을 제어하는 Bosch 특허방식이 대표적이다. 현재 국내에서 Steering Column 제조업체인 현대 모비스에서는 TRW와 기술협약을 맺고 현대자동차 아반떼 HD용 MDPS를 광학식으로 제조하여 납품하고 있다.

4. Hall Effect Type Torque Sensor

앞서 살펴본 바와 같이 MDPS시스템에 사용되는

토오크센서는 그 특히 출원건수만 대략적으로 일만 건이 훨씬 넘을 정도로 다양한 검출원리와 구조를 갖는다. 이 중 Hall Effect Type 토오크센서는 내부에 Hall전압을 검출하는 Hall IC 2개를 적용하여 센서 내부에서 자가고장진단이 가능하다는 장점을 갖으며, 이와 같은 장점으로 인하여 토크센서 중 현재 가장 많이 사용되고 있는 방식이 Hall Effect Type 토오크센서라 할 수 있다. Hall Effect Type 토오크센서를 적용한 MDPS시스템을 개발 및 생산하고 있는 회사로는 Delphi, Visteon, Valeo, TT-Electronic, JTEKT, 한국의 만도, 현대 모비스 등 대다수의 조향장치 개발회사에서 Hall Effect Type 토오크센서를 채택하고 있으며, 그림 14에서와 같이 일본의 JTEKT社에서는 향후 개발되는 MDPS시스템에 Hall Effect Type의 토크센서를 적용할 것으로 발표하고 있다 (Nikkei Automotive Technology 2007.11 호 자료 인용).

자료출처 : Nikkei Automotive Technology 2007.11호

저자 : 제이텍트 스티어링 사업본부

제1전자 기술 부장

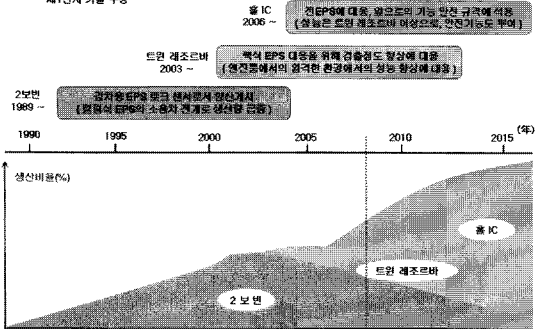


그림 14. 토크 센서 동향 (JTEKT).

4.1 Torque Sensor Requirement

MDPS시스템에서 사용되는 토오크센서는 개발업체 및 MDPS시스템에 따라 요구하는 성능에는 다소 차이를 보이나 일반적인 특성은 표 1과 그림 15와 같다.

4.2 Torque Sensor의 검출원리 및 동작

4.2.1 Hall Effect Type 검출원리

로렌츠 (Lorentz)의 법칙에 따라 전류가 흐르는 도

표 1. TORQUE SENSOR REQUIREMENT.

ITEM	REQUIREMENT
Operating angle	$\pm 4.5^\circ$
Operating voltage	$5V \pm 5\%$
Operating temperature	-40 ~ 85°C (C-Type) -40 ~ 125°C (R-Type)
Operating humidity	30 ~ 95%RH
Consumption current	Under 30 mA
Output type / Voltage	2 Analog signal cross output T1, T2 0.5V ~ 4.5V
Resolution	0.009° (10 bit)
Linearity	Under $\pm 2\%V_{dd}$
Hysteresis Max.	Under 1%Vdd
Response time	Under 1ms
$ T1+T2-V_{dd} $	Under 0.25V

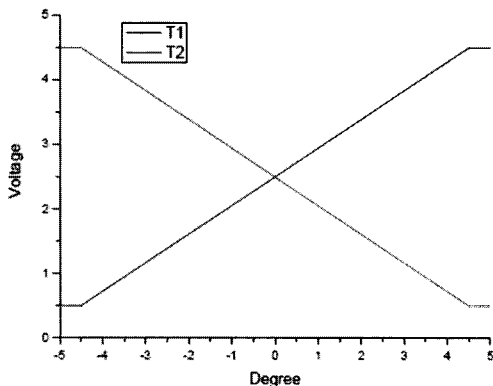


그림 15. OUTPUT SIGNAL OF TORQUE SENSOR.

체에 자기장이 가해지면 도체 내부를 흐르는 전하가 진행방향에 수직으로 힘을 받아 도체의 한 쪽으로 치우쳐 흐르게 된다. 이렇게 전하가 한쪽으로 치우침으로 인하여 전하가 몰려있는 곳과 그렇지 않은 곳 사이에 전위차가 발생하는 현상을 기초로 하여 만들어진 것이 홀센서이며, 홀센서는 자기장의 세기를 전압값으로 변환하여 출력하는 센서이다. MDPS 시스템용 토오크센서는 Linear Type Hall IC를 이용하여 자기장의 변화 값을 전압값으로 변화하여 요구하는 결과값을 출력하는 센서이다.

즉, 홀효과방식의 토크센서는 입력축과 출력축의 사이에서 발행하는 비틀림의 량(각도)에 따라 홀 IC 주변에 자속량값의 변화를 유도하는 구조를 디자인

하는 것이 핵심기술이라 할 수 있다. 그림 16는 프랑스 MMT社의 (Moving Magnet Technologies) 자기 유도 회로구조로 홀효과 방식의 토크센서의 대표적인 구조라 할 수 있다. 현재 홀효과방식의 토크센서를 생산하고 있는 대다수의 회사들은 MMT社의 기술을 사용하고 있다.

4.2.2 토오크센서의 동작

홀효과방식의 대표적 자기유도 회로구조인 MMT社의 방식을 기본으로 토오크센서의 구조 및 동작에 대하여 설명을 하도록 하겠다.

MDPS시스템 내에 장착되는 토오크센서의 작동 구간은 스티어링 휠의 작동구간인 좌·우 각 2.5회전 ($\pm 90^\circ$) 구간과 동일하며, 스티어링 휠이 동작하는 모든 구간 내에서의 입력축과 출력축간의 비틀림을 (최대 $\pm 4.5^\circ$) 검출해야 한다. 이 같은 기능을 구현하기 위한 토오크센서의 구조를 살펴보면 그림 17와 같다. 스티어링 휠의 입력축에 연결되고 다극으로 착자된 (16극) 환형의 영구자석의 Rotor, 출력축에 연결되고 영구자석의 착자극수에 대응하는 다수의 Tooth가 설치된 상·하 Stator, 스티어링 휠의 작동범위 만큼 회전하는 Stator에 유도되는 자기력선을 고정된 Hall IC로 집중하는 Collector, 자속량의 변화를 전압값으로 변화하여 주는 Hall IC Sensor를 기본적인 구조로 갖는다.

Rotor · Stator · Collector · Hall Sensor로 이루어진 토오크센서의 자기유도과정을 보면 다음과 같다 (그림 17, 18). 입력축과 출력축 사이에 비틀림이 발생하지 않으면, 상부의 Stator Tooth와 하부의 Stator Tooth는 영구자석의 N극과 S극에 대항되는 면적의 비율이 50:50으로 같다. 그러므로 영구자석에서 발생하는 자기력선은 Hall IC가 위치한 곳까지 유도되지 못한다. 즉, Hall IC가 위치한 곳에서의 Flux량은 0이 되고, Hall IC에서 출력되는 전압값 또한 0V이다 (이는 Hall IC 설정값에 따라 달라질 수 있다). 그러나, 입력축과 출력축 사이에 비틀림이 발생하면, 입력축에 연결된 영구자석과, 출력축에 연결된 상부 Stator Tooth와 하부 Stator Tooth 사이에 대항하는 면적의 변화가 발생하게 되며, 대항하는 면적 변화량에 준하는 만큼 Hall IC 주변에

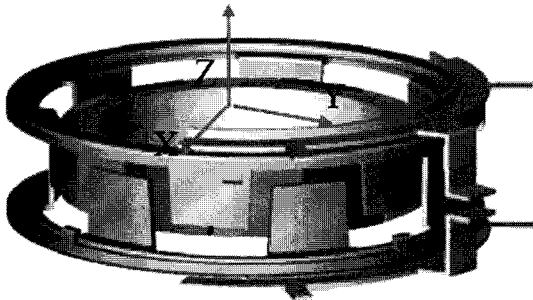


그림 16. MMT社 TORQUE SENSOR.

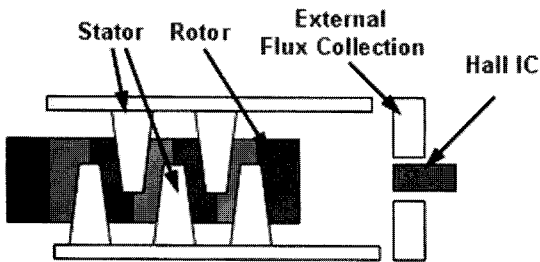


그림 17. MMT社 자기유도 회로구조.

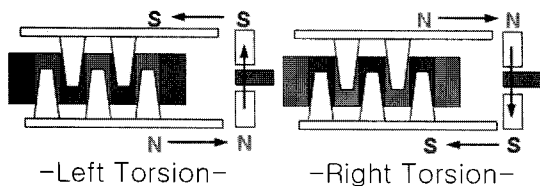


그림 18. MMT社 자기유도 동작원리.

Flux의 변화량이 발생하여 Hall IC에서 출력 전압이 변화한다.

좌·우 비틀림 발생 시의 자기 유도 동작 메커니즘은 동일하므로 좌측으로 비틀림 발생할 때를 기준으로 상세히 설명하면 다음과 같다. 차량이 직진주행이나 정지 상태에서 운전자가 스티어링 휠을 좌측(반시계 방향)으로 회전 시 입력축에 연결된 Rotor(영구자석)는 입력축과 연동하여 좌측(반시계 방향)으로 회전하지만 타이어나 노면과의 마찰력에 의해 출력축에 연결된 상부 Stator Tooth, 하부 Stator Tooth는 Rotor의 회전량과 차이가 발생하게 된다. 즉 그림 16에서와 같이 Rotor(영구자석)와 Stator간에 최대 비틀림이 발생 시에는 (-4.5°) 상부 Stator Tooth는 S극에 100% 대향하게 되고 하부 Stator Tooth는 N극에 100%로 대향하게 되므로 하부의 Stator Tooth에 유도된 N극의 자기가 Collector를 거쳐 상부 Stator Tooth를 거쳐 흐르게 된다. 이때 Collector 사이에 위치한 Hall Sensor 주위에는 Magnetic Flux가 최대 발생하게 된다. 입력축과 출력축의 비틀림 각도가 -0° ~ -4.5° 까지 선형적으로 변화함으로 Stator Tooth와 영구자석간의 대향면적도 선형적으로 변화하게 되며, 이는 곳 Hall IC가 위치한 주변의 Magnetic Flux량의 값도 선형적으로 변화하게 되어 결국 선형적으로 변화하는 출력전압값이 발생하게 되는 것이다.

4.3 중요 부품 개발 및 업체 현황

모든 센서류 부품들의 성능을 평가하는 다양한 평가 요소 중 가장 중요한 평가 요인은 Sensitivity, Resolution, Linearity, Hysteresis 특성을 들 수 있다. 영구자석의 자속량을 홀센서 주변으로 유도하여 자속량의 변화량을 측정하는 Hall Effect Type의 토오크센서의 성능 평가 요소 또한 이와 같다.

토오크센서를 구성하는 중요 부품 중 센서의 Sensitivity 특성, Resolution 특성을 결정하는 중요 부품이 바로 Hall Effect Sensor이며, 특히 Linearity 특성, Hysteresis 특성 등은 자기 회로를 구성하는 Stator, Collector 부품의 재료 선정에 의해 크게 영향을 받는다.

4.3.1 Hall Effect Sensor

자동차 부품으로 사용되는 Hall Effect Sensor (이하 Hall Sensor로 함.)는 단순 ON/OFF 형태의 출력을 내는 센서가 많이 사용되고 있으나, MDPS용 토오크센서에 사용되는 Hall Sensor가 갖아야 하는 중요 특성은 다음과 같다. 표 1에서 나타나는 토오크센서의 기본성능인 Sensitivity, Resolution, Response Time 등을 기본적으로 만족해야 하며, 토오크센서의 동작구간에서 선형적으로 변하는 자속량을 시스템에서 요구하는 출력 전압 (0.5 V ~ 4.5 V)으로 변환하여 출력할 수 있는 프로그램회로를 갖추어야 한다. 또한 영구자석의 온도변화에 따라 자기력이 감소되는 현상을 나타내므로 Hall Sensor는 온도보상 기능을 갖추어야 한다.

세계적으로 Hall Sensor 부품을 생산하는 회사는 많으나, 그 중 현재 토오크센서에서 사용되는 Linear Hall Sensor는 Micronas社, Melexis社, Allegro社에서 출시되는 Linear Type Hall Sensor가 주로 많이 사용된다.

4.3.2 자기회로용 요크재질 선택

토오크센서의 동작 메커니즘은 크게 영구자석의 자기력선을 Hall Sensor로 유도하는 기술과 자기력을 전압으로 변환 출력하는 기술로 대표될 수 있는데, 자기유도에 관여하는 부품이 바로 Stator Tooth 부품과 Collector부품이다. 이 2부품을 자기회로용 요크라 하는데 이 같은 요크 부품의 구조와 요크재질의 투자율에 (Magnetic Permeability) 따라 Linearity특성에 영향을 미치며, 요크재질의 보자성에 (Coercive Force)에 따라 Hysteresis특성에 많은 영향을 미친다. 그러므로 요크재료의 선정기준은 높은 투자율과 낮은 보자력특성을 갖는 재질을 선택해야 하는데, 이에 적합한 재질이 바로 니켈-철 (Ni-Fe) 합금인 연자성 재료로, 퍼멀로이 (Permalloy)이다. 퍼멀로이는 니켈 함유량에 따라

PB, PC, PD, PE 등으로 분류하는데, 토오크센서에는 주로 니켈 함유량이 45% 수준인 PB를 많이 사용한다. 퍼멀로이를 생산하는 업체는 미국에 Carpenter社, 프랑스 Imphy社, 일본 Nippon YaKin Kogyo社에서 주로 생산된다. 퍼멀로이는 높은 투자

율의 자기특성을 얻기 위하여 가공 후 1100도 이상의 높은 온도에서 오랜 시간 열처리를 거쳐야 하는 단점과 아직까지 국내에서의 사용량이 많지 않아 가공, 생산, 열처리 관련한 인프라가 취약하다는 문제점이 있다.

5. 결론

최근 세계적으로 벌어지고 있는 자동차 기술개발 경쟁을 살펴보면 앞으로 나타날 미래형자동차의 기술은 친환경·고연비의 Green-Car와 능동 제어가 가능한 지능형 자동차로 자동차 기술 개발의 패러다임이 변화하고 있다. 이와 같은 두 가지 관점에서 볼 때, 유압식의 파워스티어링을 전기식으로 바꾸어 주는 MDPS시스템은 차량에서 유압유를 사용하지 않으므로 친환경적이며, 2~3%의 연비향상을 가져오는 고연비의 차량개발이 가능하다는 장점을 갖고, 또한 능동제어가 가능한 지능형 자동차의 핵심부품 기술인 AFS (Active Front Steering System ; 능동전륜 조향장치), LKAS (Lane Keeping Assist System ; 차선유지장치), APS(Auto Parking System ; 자동주차장치) 등이 있으며, 이 같은 기술을 실현하기 위해서는 차량의 스티어링 휠을 능동적으로 제어할 수 있어야 하는데, 스티어링 휠을 능동적으로 제어하기 위해서는 MDPS시스템은 없어서는 안되는 부품이다. 이처럼 MDPS시스템은 친환경자동차, 지능형자동차라는 미래형자동차 기술개발과 일맥을 같이 하는 자동차부품으로, 향후 미래형자동차산업의 발전과 함께 하게 될 중요 자동차부품산업 가운데 하나가 될 것이다. 또한 MDPS의 발전과 함께 MDPS부품인 Torque Sensor, Motor 등의 부품기술 또한 치열한 부품업체간의 경쟁을 통한 급격한 발전을 이룰 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] "Development of a Contactless Hall effect torque sensor for Electric Power Steering" Didier



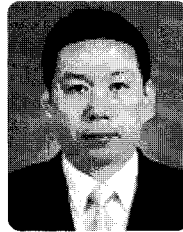
ANGLEVIEL, Didier FRACHON, Gérald MASSON (Moving Magnet Technologies S.A.) 2005 SAE International.

[2] "Development of High Power Column-Type Electric Power Steering System" Y.NAGAHASHI, A.KAWAKUBO, T.TSUJIMOTO, K. KAGEL, J. HASEGAWA, S. KAKUTANI JTEKT Engineering Journal No.1003E (2007).

[3] "전동식 파워스티어링용 토크센서 개발에 관한 연구", 이응신, 윤원석, 이장무, 정대중, 한국자동차공학회, 추계학술대회논문집, 2004, pp.559-564.

[4] "전동식 파워스티어링(EPS)용 토크센서의 설계원리와 성능테스트" 이응신-서울대학교 한국자동차공학회, 학술대회 논문집, pp.121-126 2005.

[5] "EPS용 토크센서 개발" 안상민, 장문규, 김대기, 박완기, LS전선 한국자동차공학회, 2008 Annual Conference.



성명 : 공준호

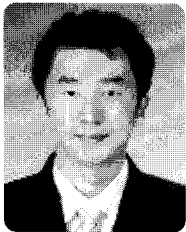
◆ 학력

- 1986년 서울대 물리교육학과 이학사
- 1992년 아이오아 주립대 고체물리소자 이학 박사

◆ 경력

- 1994년 - 1999년 삼성종합기술원 전문연구원
- 2000년 - 2002년 델타LAB 대표이사
- 2002년 - 2003년 (주)WITNET 대표이사
- 2004년 - 현재 대성전기공업(주) 이사

저자약력



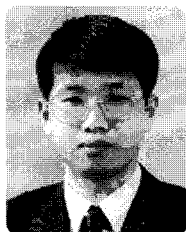
성명 : 전창남

◆ 학력

- 2004년 한밭대 기계설비공학과 공학사

◆ 경력

- 2004년 - 2006년 엠트론 연구원
- 2006년 - 현재 대성전기공업(주) 선행개발팀 주임 연구원



성명 : 이석우

◆ 학력

- 1989년 인하대 기계공학과 공학사
- 1991년 인하대 기계공학 열유체 공학석사

◆ 경력

- 1994년 - 현재 대성전기공업(주) 선행개발팀 책임 연구원

