

친환경 자동차 부품 개발에 대한 연구

이 응신¹⁾, 이 장무²⁾, 송 준규³⁾

A study on the development of a environment-friendly vehicle device

Eung-Shin Lee, Jang Moo Lee, Jun Gyu Song

Key words : Environment-friendly device(친환경적인 부품), Emission gas(배출가스), EPS(전동식 파워스티어링), Torque sensor(토크센서), Capacitive torque sensor(정전용량형 토크센서), FEMLAB(펄랩)

Abstract : Starting with the development of environmentally friendly electric controlled engine, sensors have played an increasing role in automotive technology. Electric power steering (EPS) systems are more and more replacing hydraulic systems. To improve fuel economy, the power assistance is provided by an electric drive. In this paper, development of a unique torque sensor for EPS is introduced. A capacitive type torque sensor is concluded to be suitable for EPS because its output is accurate, linear and robust against the variance of temperature, and patents have not applied so much.

Nomenclature

C : capacitance, F
A : area, m²
d : distance, m
ε : dielectric permittivity, C²/(Nm²)

subscript

EPS: electric power steering
ESP: electric stability program

1. 서론

자동차는 현대생활의 필수품이라고 할 수 있는 운송장치다. 한국은 2005년 3월 현재 자동차 보유 대수가 천오백만대를 넘어섰고, 승용차만 대당 4.5명으로 전가구수의 70% 가량 보유하고 있다⁽¹⁾. 날로 증가하는 자동차 때문에 에너지 소비 증가는 물론 배출가스에 의한 환경오염도 심각하다. 최근 발표된 교토의정서에 의하면 환경오염 물질의 배출은 양에 따라 산업 활동 규제로 이어지기 때문에 자동차가 내뿜는 배출가스가 큰 문제가 될 수 있다.

신문 보도에 의하면 한국은 에너지 소비량이

세계에서 6위에 해당하나 개인소득에 따른 에너지 소비량에서는 OECD 국가 중 일위며, 대체에너지 사용비중은 31개 OECD 국가 중 30위를 차지하였다⁽²⁾. 에너지원에 따른 에너지 소비량은 석유 제품 47.7%, 석탄 23.8%, 원자력 15.1%, LNG 11.1%로 석유제품의 에너지 소비량이 전체의 절반을 차지한다.

교토의정서에서 가장 큰 논란거리는 온실효과를 내는 배기가스 중 이산화탄소(CO₂) 배출 규제다. 한국은 아직 규제에 따른 비용지출은 없을 지 몰라도 OECD 국가 중 배출량 9위에다 매년 일인당 배출량 증가가 다른 나라의 몇 배가 되기 때문에 다음 논의에서 멕시코와 더불어 규제를 받을 가능성이 있다⁽³⁾. 현재 전체 이산화탄소 배출량 중에서 교통부분이 차지하는 비율이 20% 정도나 증가율을 보면 앞으로 더욱 비중이 높아질 것으로 예상할 수 있다.

-
- 1) 서울대학교 기계항공공학부
E-mail : eungshin@yahoo.com
Tel : (02)880-8050 Fax : (02)6280-5709
 - 2) 서울대학교 기계항공공학부
E-mail : leejm@gong.snu.ac.kr
Tel : (02)880-7137
 - 3) (주)만도 조향시스템팀
E-mail : jgsong@mando.com
Tel: (031)300-5246

에너지 절약은 물론 환경오염을 줄이기 위해서는 자동차의 배출가스 양을 줄이거나 오염물질의 배출을 막아야 한다. 여러 가지 방안 중 연료 절감을 위한 자동차 부품의 개발도 있다. 연료 절감이 바로 친환경적인 부품 개발로 연결되지 않지만 전동식 파워스티어링은 여러 가지 친환경적인 면이 있다.

본 연구는 현재 조향장치의 주도적인 위치에 있는 유압식 파워스티어링을 대체할 전동식 파워스티어링 개발에 관한 것이다. 특히 전동식 파워스티어링(Electric Power Steering)의 핵심부품이라고 할 수 있는 토크센서의 개발에 관한 연구 진척을 논하고자 한다.

2. 전동식 파워스티어링의 개발

2.1 전동식 파워스티어링

아래 Fig.1과 Fig.2는 유압식과 전동식 파워스티어링의 구조를 비교한 것이다. EPS(Electric Power Steering)의 효과는 연비절감 뿐만 아니라 여러 가지 설계, 조립 상 유리한 점이 있다. 엔진이 계속 펌프를 돌려 일정한 유압을 유지하면서 조향할 때마다 에너지를 소모하기 때문에 유압식은 연료소모가 상당하다. 그러나 전동식은 조향할 때만 전동모터를 돌리기 때문에 상대적으로 에너지 소모가 덜하다. 한 통계에 따르면 기존의 유압식의 15% 정도 에너지로 작동 가능하기 때문에 전체적으로 5-6% 정도의 연비 절감 효과가 있다⁽⁴⁾.

EPS에서는 유압펌프는 물론 부수적인 유압 공급장치가 필요하지 않으므로 3-5 kg 정도의 무게를 줄일 수 있다. 따라서 차량의 경량화에 도움을 줄 뿐만 아니라 유압 장치들이 없어지므로 내부 공간을 확보할 수 있다.

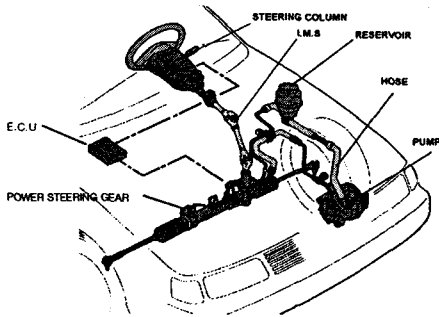


Fig. 1 Hydraulic power steering

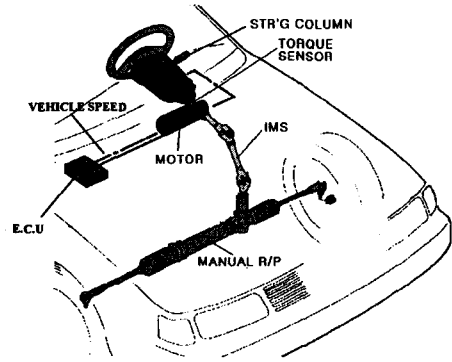


Fig. 2 Electric power steering

전동식 파워스티어링의 장점은 이 외의 수없이 많다. EPS의 시스템의 논리 제어를 통해 하드웨어적인 수정 없이 성능 최적화를 할 수 있고, 차세대 자동차인 하이브리드 차량(HEV)이나 연료전지 차량(FCEV), 전기차량(EV)에 그대로 이식할 수 있다. 또 기존의 유압장치를 차량에 조립할 때 유압펌프와 엔진과 연결, 벨트 연결과 기름 투입, 유압 시스템 점검과 누수 검사 등을 생략할 수 있으므로 차량 조립 시간을 단축시킬 수 있다.

EPS는 나중에 기름 유출에 따른 보수가 필요 없고 폐기물 문제가 없어지므로 친환경적인 조향장치다. 압력을 매개하는 기름이 필요치 않으므로 절약효과는 물론 기름 유출에 따른 환경오염도 걱정할 필요가 없다.

킬럼형 EPS의 구조는 Fig.3과 같다. 킬럼에 토크센서는 물론 전동모터와 제어장치인 ECU까지 한 단위로 모여 있기 때문에 공간 절약은 물론 나중에 유지, 보수도 쉽다.

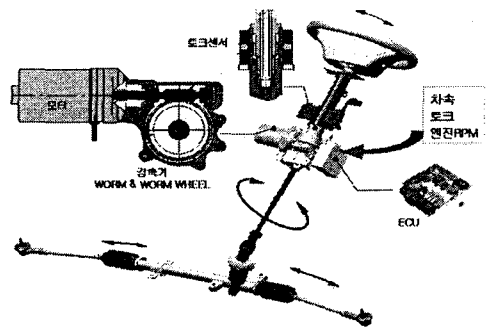


Fig. 3 Assembly of EPS

2.2 토크센서

EPS는 장점에도 불구하고 아직도 본격적으로 차량에 장착하지 않고 있다. 기존의 유압식 파워스티어링이 있는 차량에 큰 비용을 지불하면서

EPS로 바꾸지 않고, 새로 출하되는 자동차에도 선택사항으로 되어 있기 때문에 소비자가 유압식보다 비싸기 때문에 선택 선택하기 곤란하다. 그러나 실제로 EPS의 확산을 막는 것은 정교한 제어 로직에 따른 안전성 확보와 운전자의 조향의지를 읽어들 토크센서 개발의 어려움에 있다.

특히 토크센서는 이미 몇 개의 회사가 개발을 끝내고 양산 체제에 있기 때문에 우리나라의 업체와 같은 후발 주자들은 특히 때문에 거의 독자적인 개발이 어렵다. 본 연구는 산학공동과제로 독자적인 토크센서 개발에 관한 내용이다.

현재 한국의 CL차량에 옵션으로 장착하는 일본의 K사의 토크센서는 자기유도식(inductive)으로 간단하면서 구조적으로 상당히 견고하다.

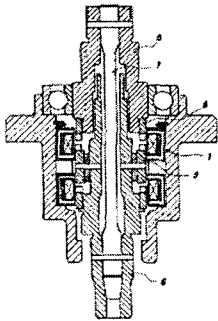


Fig. 4 Inductive torque sensor of K

K사의 자기유도식 토크센서는 아날로그 출력을 낸다. 가운데 토션바(7)의 특성에 따라 좌우 회전 당 최대 4.5도의 비틀림을 감지하여 운전자의 조향 상태를 알아낸다. 그러나 입력단(5)과 출력단(6)의 상대각도를 토크값으로 환산하기 때문에 핸들의 휠이 중립상태에서 얼마나 회전하는가를 알아내는 절대각도는 알 수 없으므로 부가적으로 다른 센서를 이용한다.

독일 B사의 광방식에 의한 토크센서는 현재 시중에 있는 가장 정교한 디지털 출력의 센서다. 입력단과 출력단의 회전 정도를 레이저로 파넬 홈의 배치를 광센서로 읽음으로써 상대각도는 물론 절대각도까지 알아낼 수 있다. 각각 4개 줄의 위치를 읽어내어 내부 알고리즘으로 처리하여 각도오차를 0.01도까지 줄였다. 디지털 출력이기 때문에 자세제어 프로그램(Electric Stability Program)과 연동시킬 수 있다.

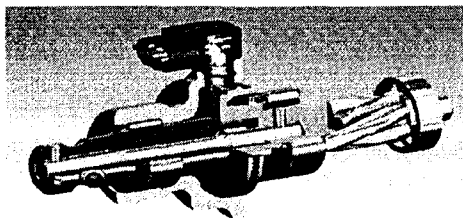


Fig. 5 Optical torque sensor of B

2.3 정전용량형 토크센서

본 연구에서는 새로운 형태의 토크센서 개발을 위해 정전용량식이라는 감지 형태를 적용해보았다. 토크센서의 내부구조는 K사의 자기유도식과 비슷해 보이며 실제 작동원리는 완전히 다를 뿐만 아니라 아직까지 세계적으로 어디에서도 시도를 하지 않은 센서 형태다.

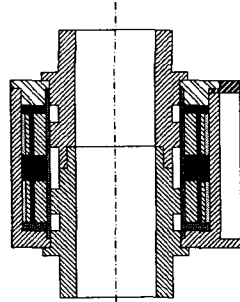


Fig. 6 Capacitive torque sensor

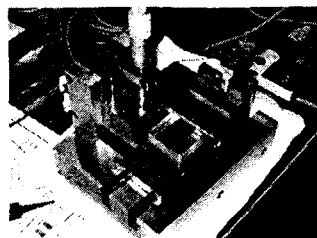
정전용량형 센서는 감지물체와 전극 사이에 전하가 쌓이는 정도인 정전용량이 기하학적인 형태에 따라 달라진다는 원리를 이용하였다. 안쪽의 치차와 바깥쪽 하우징의 전극사이의 거리와 면적변화가 아래 공식과 같이 정전용량을 변화시킨다.

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (1)$$

입력단과 출력단의 회전 정도는 안쪽 치차가, 바깥쪽의 전극은 안쪽 치차의 회전 정도를 알아냄으로써 상대각도를 알아내는 구조다.

3. 실험과 측정 결과

정전용량형 토크센서를 제작함에 있어 사전에 철저하게 작동이 되는가를 점검할 필요가 있다. 원동형의 360도 이상 회전하는 킬럼 장착에 앞서 평판으로 하여 여러 가지 특성을 알아내고 거리변화와 면적변화에 따른 출력을 살펴보고자.



Picture. 1 Testing Jig for torque sensor

정전용량값은 유한요소해석 프로그램인 FEMLAB을 사용하여 계산하였다. 인가 전압은 24 V로 하여 1 mV까지 측정하였고 LabVIEW로 컴퓨터에서 읽어들이 저장하였다. 윗부분의 치차는 나중에 킬럼

에 장착했을 때 내부치차에 해당하고 아래쪽의 기판은 하우징에 설치할 감지전극이다.

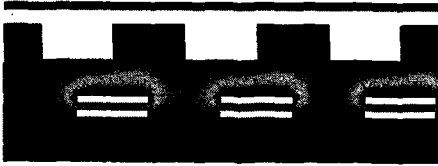


Fig. 7 FEM-calculation with FEMLAB

치차가 원통형으로 연결되어 있지 않고 평판형태의 5개만 가정하여 실험하였으므로 시뮬레이션 을 하여 구한 정전용량값의 최대값이 변한다 (Fig.8). Fig.9와 같이 측정된 전압은 시뮬레이션 결과와 상당히 유사하다.

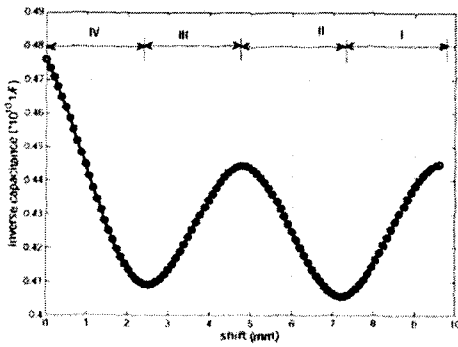


Fig. 8 Simulative Result of Capacitance

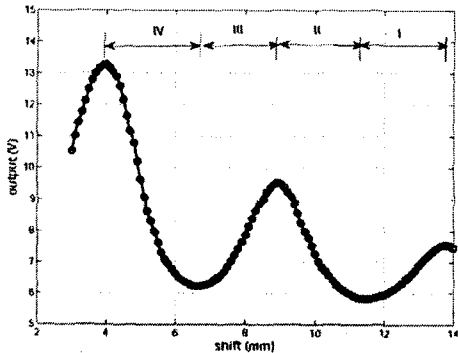
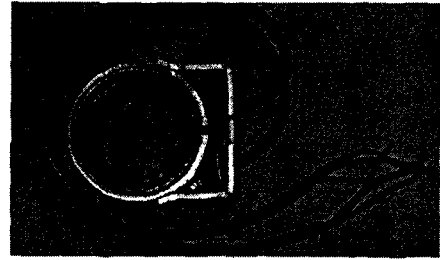


Fig.9 Experimental measurement of voltage

4. 결론

실제로 원통형으로 제작을 하여 출력값을 점검해본 결과 정전용량형 토크센서는 정상적으로 작동하였으나 해결해야 할 문제들이 많다. 원통형 센서는 평판 실험과 달리 예상하지 않았던 문제가 일어났다. 이런 일련의 문제들은 아직도 정전용량형 센서에 대한 깊은 이해 부족에서 생겼다고 볼 수 있다.



Picture. 2 Real capacitive torque sensor

각도를 정밀하게 측정하는 인코더를 설치하여 회전각도에 따른 출력변화를 점검하지 못하고 회전 에 따른 출력변화만 측정하였다.

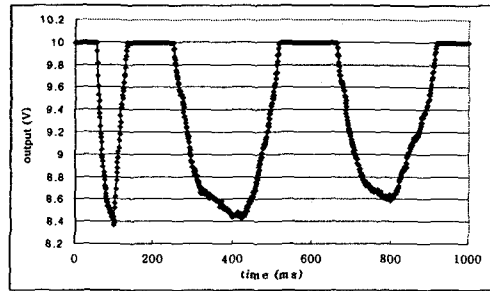


Fig. 10 Output voltage of real torque sensor

센서 회로를 정밀하게 조절을 하지 않았으나 출력은 Fig.10과 같다. 앞으로 회전각도에 따른 출력값을 알아보고 센서를 조절해 나간다면 토크 센서로 충분히 작동을 할 것으로 예상하고 있다. 센서가 평판실험과는 달리 감지전극의 옆부분과 간섭을 일으켜서 출력이 낮아지는 경향이 있었으므로 이 부분에 대한 보장을 하고 출력값을 처리 하는 알고리즘을 다듬을 예정이다.

친환경적인 자동차 부품의 개발은 연비 절감은 물론 기존의 유압식 파워스티어링을 완전히 전동식으로 바꾸는 일대 전환이 필요하다. 현재와 같은 초기에는 안정성을 확보할 수 있는 문제를 해결해서 사용자들이 안심하고 전동식 파워스티어링을 선택할 수 있도록 해야 한다. 물론 단가를 절감하여 유압식 파워스티어링과 가격 경쟁을 할 수 있을 정도가 되어야 함을 말할 필요도 없다.

References

- [1] 한국자동차공업협회, www.kama.or.kr
- [2] 문화일보, 2004년 10월11일, www.munhwa.com
- [3] 권태영, 2005, "교통부분의 이산화탄소 배출 저감 잠재량 평가", 교통개발연구원, 월간교통/2005/04, pp.31~38
- [4] 이장무/이웅신, "EPS용 토크센서 개발에 관한 연구", 서울대학교 정밀기계설계공동연구소, Technical Report II, 2004