

## 오일필터 일체형 엔진오일퇴화감지센서 시제품 개발II

전상명<sup>†</sup>

호서대학교 자동차공학과

### The Prototype Development II of an Engine Oil Deterioration Sensor Installed Inside an Oil Filter

Sang Myung Chun<sup>†</sup>

Dept. of Automotive Engineering, Hoseo University

(Received May 29, 2008; Revised June 25, 2008; Accepted July 10, 2008)

**Abstract** – In this paper, it is described how the problems appeared at the previous proto type sensor are improved. As changing the pressure and temperature of engine oil in a test rig, the modified sensor is tested. Then, the measured results of capacitance and the corresponding dielectric constants under various temperatures and pressures are shown. It turns out that the electrical signal gotten from the electrodes of newly developed sensor can be more stable under the various operating conditions.

**Key words** – engine oil, oil deterioration, dielectric constant, capacitance

#### 1. 서 론

본 연구의 목적은 오일필터 내에서 엔진오일의 퇴화 상태를 감지하는 시제품 센서 본체를 개발하는 것이다. 즉 차량에 장착 가능한 오일필터 일체형 엔진오일퇴화 감지센서(필터-센서)의 시제품을 제작하여 엔진 오일이 순환되는 리그 시험기에 장착하여 샘플엔진오일의 정전 용량을 측정하여 이로부터 엔진오일의 유전상수 값을 구할 수 있도록 하는 것이다. 본 필터-센서는 외벽과 내벽이 동심원으로 설계되어 있고 내벽 안쪽에는 필터 엘레먼트를 넣게 되어있다. 또한 본 필터-센서의 크기는 직경 및 높이가 기존의 필터 크기와 유사하며, 쉽게 장착 및 탈착이 가능하게 설계하고자 한다.

본 논문에서는 기 제작된 시제품[1]에서 나타났던 문제점을 보완하여 실엔진 조건과 유사한 윤활시스템 리그 시험기에서 실험 시 안정된 신호를 얻을 수 있는 센서를 보완 제작하고 그 센서로부터 얻은 시험결과를 도시 및 분석하고자 한다.

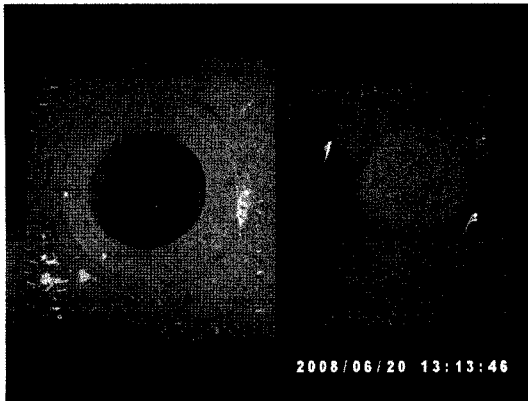
#### 2. 센서수정 및 시험방법

##### 2-1. 센서수정

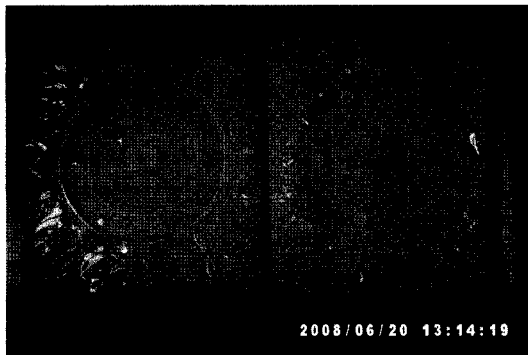
프라스틱 소재를 가공하여 제작한 초기 시제품(Pre-Proto)과 2차 시제품(2nd Proto)의 오일필터-센서를 제작하였다. 2차 시제품에서는 초기 시제품 제작을 통하여 고려치 못한 신호교란을 안정시킬 전자파 차폐판을 센서 외벽 및 내부에 설치하여 접지선으로 연결하여 측정값을 안정시켰으며, 내부의 전극판에 절연체인 테프론 코팅을 하여 금속 이물질로 인한 두 전극간의 단락 현상을 미리 차단했으며, 전극판에 연결된 전극을 뚜껑 밖으로 뽑아내는 방법을 개선하여 단선 되거나 잘 못 접속되어 단락되는 현상을 개선하였다.

이러한 2차 시제품도 오일 필터-센서의 커버 중심부가 필터 엘레먼트의 위치를 고정하기 위해 파넌 관계로 얹어져서 압력이 가하여지면 밖으로 튀어나오는 현상이 있어 내부 차폐판에 연결하는 접지선 전극이 단선되는 현상이 일어나 이상전기신호가 측정되었다. 또한 센서 전극판과 연결된 전극이 뚜껑 내부로 조금만 들어와 있는 관계로 압력에 의해 단선되는 현상도 발

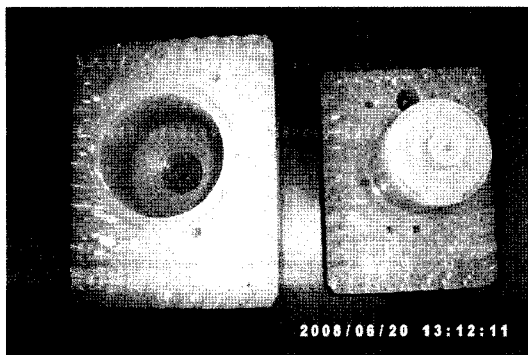
<sup>†</sup>주저자 · 책임저자 : smchun@hoseo.edu



(a) Outer mould



(b) Cover mould



(c) Inner mould

Photo 1. Mould for plastic.

생했다. 또한 센서 갭 간극이 균일하지 못해 유전상수 값이 일정치 못한 점도 있었다. 한편 압력이 걸리면 필터 뚜껑에 구멍을 내어 전극을 뽑아내는 곳에서 오일이 새는 문제점도 있었다. 오일 필터를 위에서 잡아주는 역할을 하는 것이 없어서 압력이 가하여지면 필터 엘레먼트의 이동이 가능하였다.

본 수정된 3차 시작품은 플라스틱 진공주조로 내부

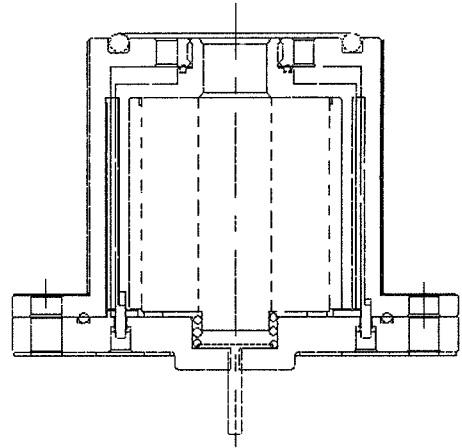
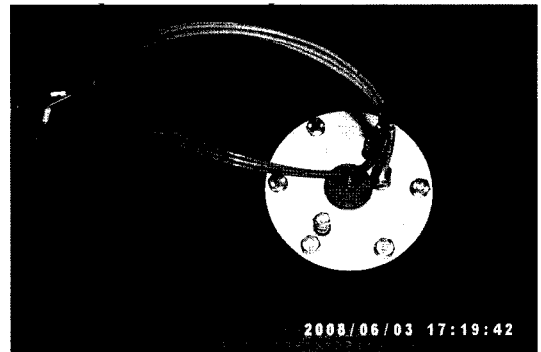
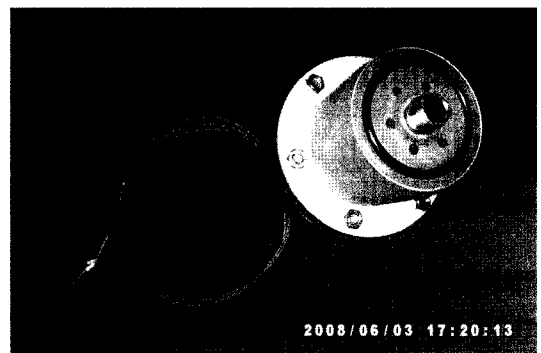


Fig. 1. Schematic diagram of a filter-sensor.

및 외부 형틀 그리고 뚜껑을 제작하였다. 그 몰드 주형은 Photo 1과 같다. 아래쪽 뚜껑의 취약부분인 중심부의 두께를 Fig. 1과 같이 보강하였으며, 더불어 스프링을 이용하여 접지선 전극이 내부차폐판인 필터 엘레먼트 금속외형과 연결되도록 하였다. 전극이 단락되는 경우도 전극이 필터 뚜껑 내부로 많이 들어가도록 하



(a) Cover side



(b) Inlet & outlet side

Photo 2. A modified filter-sensor.

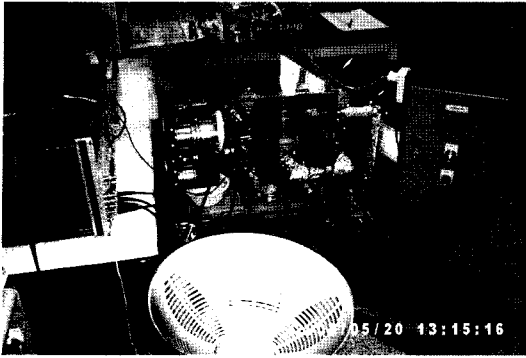


Photo 3. A test rig circulating engine oil.

였고 구멍 지름이 전극 지름과 크게 차이 나지않게 하였다. 또한 오일이 새는 것을 방지하기 위해 오링 씬을 삽입하였다. 또한 두 동심원 전극 간의 간격을 균일하게 유지하기 위한 고정 돌기를 커버에 붙여 센서의 정도를 높였다. 더불어 내부 형틀 위쪽에 원형돌기를 만들어 필터 에레멘트를 고정 시켜주도록 하였다. 이와 같이 수정하여 만든 필터-센서의 사진은 Photo 2과 같다.

2.2. 시험방법

센서를 실 엔진유회시스템과 유사한 Photo 2의 유회시스템 리그시험기에 부착하여 오일을 순환시키면서 엔진오일의 유전상수를 측정한다. 이 때 오일 팬 내에 장착된 히터를 조절하여 오일의 온도를 원하는 값에 맞춘다. 고온에서는 리그 주위로의 열전달량이 많아 온도 증가가 더디게 진행되어, 주위에 전기히터를 켜서 오일 회로 내부와 주위의 온도차이를 줄였으며, 특히

고온에서는 파이프 및 오일팬 주위에 보온재료를 감싸면서 실험을 하였다. 한편 오일 압력은 3군데의 압력조정밸브를 조정하여 원하는 값에 맞춘다. 즉 오일 펌프 압력조정밸브, 메인 압력조정밸브, 오일필터를 지난 후 콕밸브 등이다. 그러나 고온에서는 압력 증가가 크지 않았다.

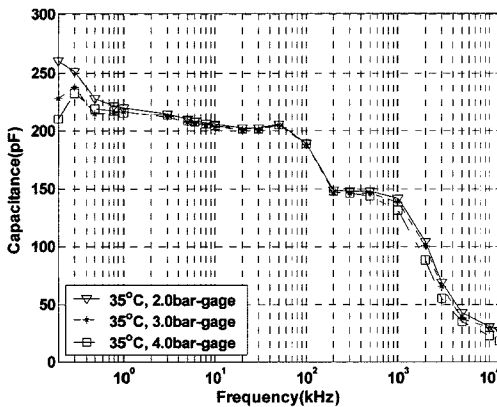
오일 온도는 상온에서 80°C 범위에서 측정하였으며, 오일압력은 4 bar까지 가능하나 고온에서는 고압으로 유지할 수 없었다. 즉 80°C에서는 2 bar까지 올릴 수 있었다.

3. 측정결과

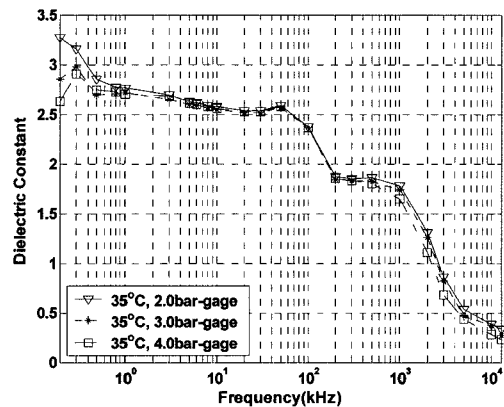
위의 시험 방법에 따라 측정한 정전용량 값으로부터 유전상수 값을 구한 결과는 다음과 같다.

3-1. 엔진오일 유전상수 측정

선행연구결과[2-4]인 실험실용인 센서튜브로 측정한 엔진오일(Oil B)의 신유 유전상수 값은 20 kHz, 40°C, 대기압에서 약 2.2인 것으로 나타났었다. 현재 개발 중인 오일필터-센서로 측정한 유전상수의 값은, 선행연구 [1]에서 대기압과 20~40°C 온도 범위에서 주파수가 200~500 kHz범위일때 일반적인 공기의 유전상수값과 일치하는 유전상수 값을 얻었다. 또한 오일순환을 정지한 후 밸브를 닫아 대기압 상태를 유지한 오일온도가 20~40°C범위에서는 주파수가 200~300 kHz일 때는 약 1.8~1.9 사이의 안정된 값을 나타내었다. 센서 튜브에서 측정한 값과 필터-센서에서 측정한 값에 차이가 있지만 오일의 퇴화정도를 판단할 때 신유의 유

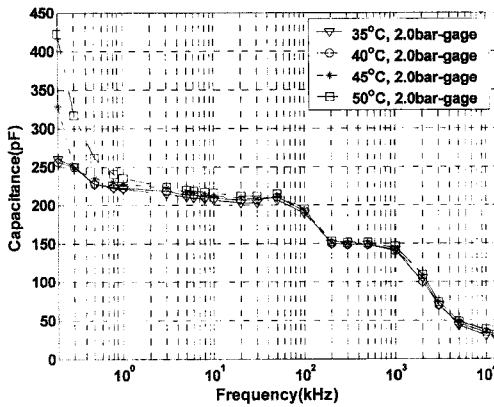


(a) Capacitance of engine oil B

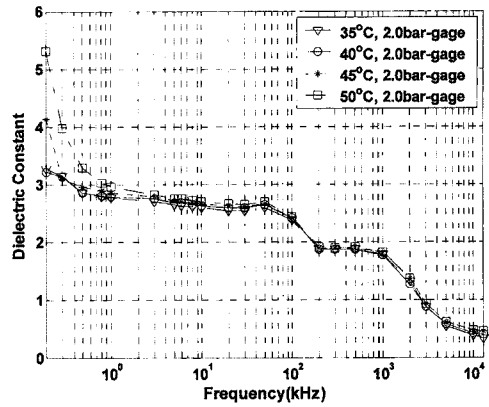


(b) Dielectric Constant of engine oil B

Fig. 2. Measured results at 30°C, 2.0~4.0 bar.

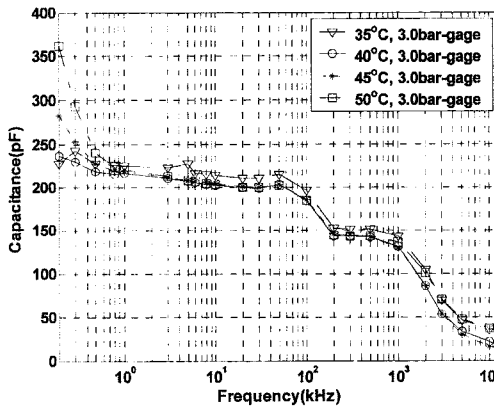


(a) Capacitance of engine oil B

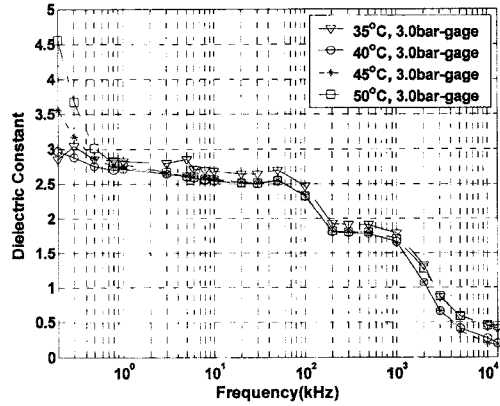


(b) Dielectric Constant of engine oil B

Fig. 3. Measured results at 35~50°C, 2.0 bar.



(a) Capacitance of engine oil B



(b) Dielectric Constant of engine oil B

Fig. 4. Measured results at 35~50°C, 3.0 bar.

전상수 값과 사용유의 값을 상대적으로 비교하여 판단하므로 문제는 없으며, 절대값 차이는 0.3 정도였다. 향후 전용브리지를 제작 시에는 주파수를 200 kHz에 맞춰서 제작하고자 한다.

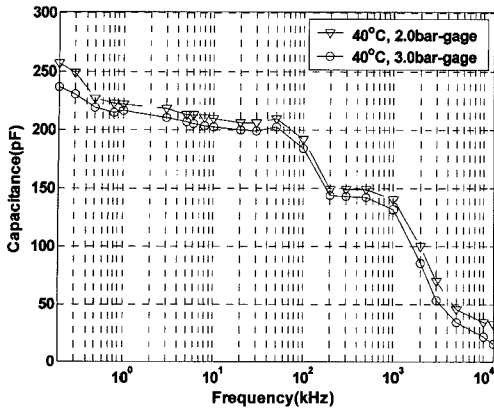
한편, 본 논문의 Fig. 2에서와 같이 오일이 순환되는 상태에서도 유전상수를 측정할 결과 200~300 kHz 일 때 35°C, 2~4 bar에서 1.8~1.9사이의 값이 나타났다. 지금부터 기술되는 유전상수 값은 주파수가 200 kHz일 때의 값이다.

오일압력이 2.0 bar일 때 온도가 35°C~50°C 범위에서의 유전상수 변화는 Fig. 3에 도시되었다. 이때 온도 변화에 따른 유전상수의 변화는 거의 없었다. 한편 오일 압력이 3 bar 일 때는 같은 온도범위에서 온도의 변화에 따른 유전상수의 변화가 Fig. 4와 같이 나타났으

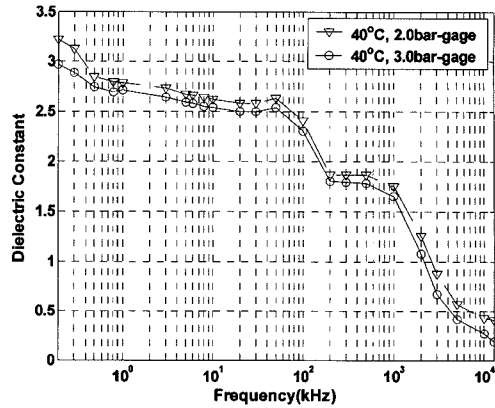
며, 온도가 낮을 때(35°C)와 높을 때(50°C)의 유전상수 값의 차이는 0.1 이상이였다. 온도가 낮을 수록 그 값이 크게 나타났다.

온도가 40°C일 때 2.0 bar에서 3.0 bar로 0.1 bar증가함에 따라 유전상수는 Fig. 5에서와 같이 1.9에서 1.8로 0.1정도 작아졌다. 또한 온도가 50°C일 때 2.0 bar에서 3.0 bar로 0.1 bar증가함에 따라 유전상수는 Fig. 6에서와 같이 역시 0.1정도 작아졌다.

오일압력 2.0 bar에서 온도를 50°C에서 64°C로 변화시킬 때 낮은 주파수에서는 Fig. 7에서와 같이 유전상수 값에 변동이 심했으나, 200~300 kHz에서는 1.9정도의 안정된 값이 나타났다. 또한 오일압력이 3bar일 때 Fig. 8에서와 같이 같은 온도범위에서 유전상수 값에 변화가 거의 없었다.

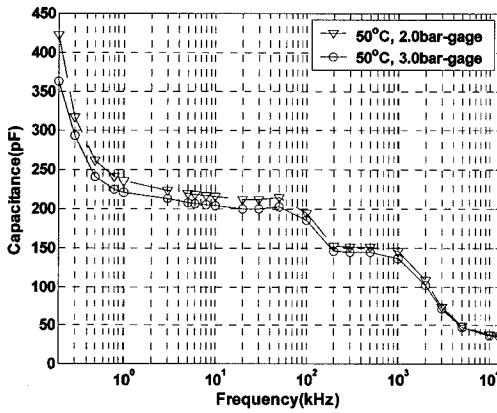


(a) Capacitance of engine oil B

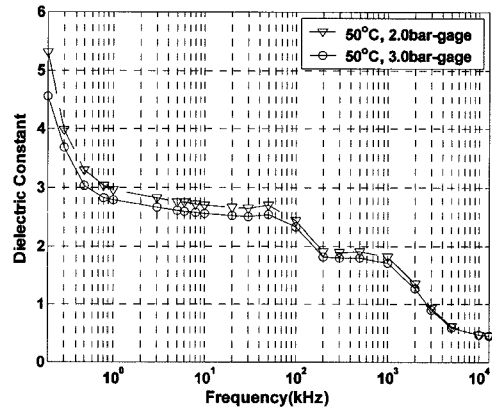


(b) Dielectric Constant of engine oil B

Fig. 5. Measured results at 40°C, 2.0~3.0 bar.

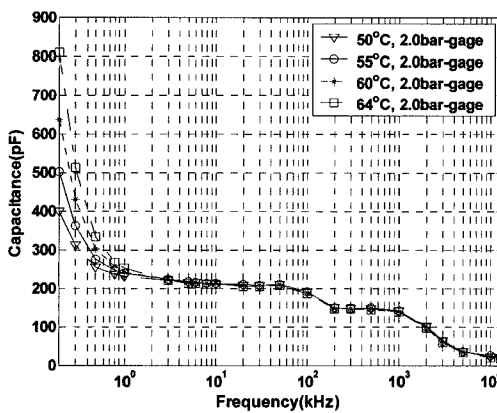


(a) Capacitance of engine oil B

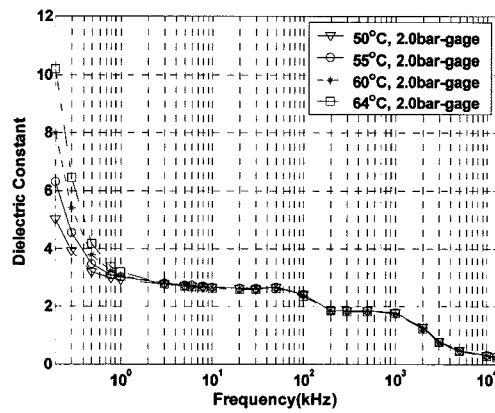


(b) Dielectric Constant of engine oil B

Fig. 6. Measured results at 50°C, 2.0~3.0 bar.

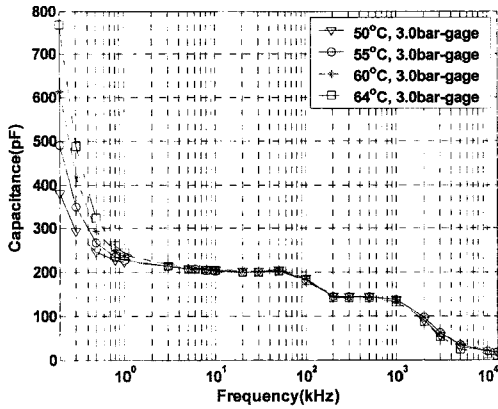


(a) Capacitance of engine oil B

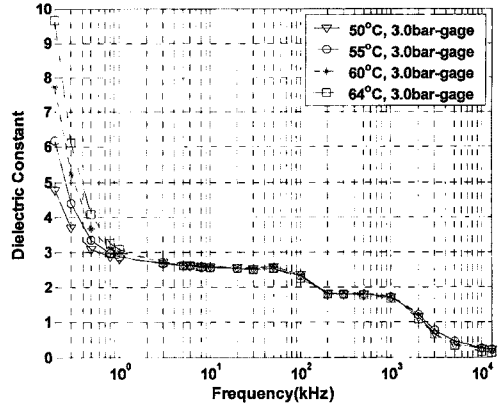


(b) Dielectric Constant of engine oil B

Fig. 7. Measured results at 50~64°C, 2.0 bar.

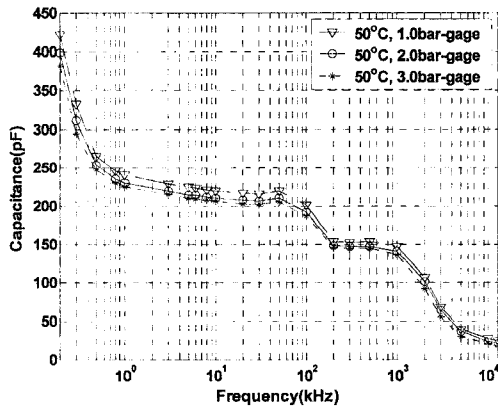


(a) Capacitance of engine oil B

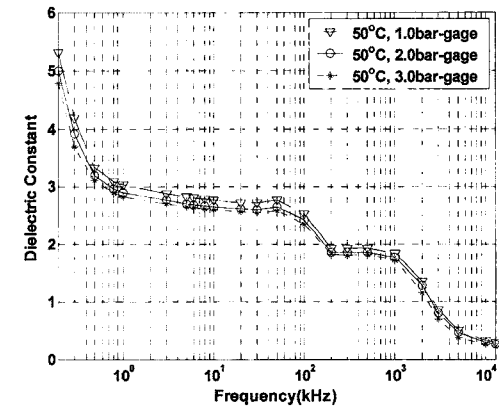


(b) Dielectric Constant of engine oil B

Fig. 8. Measured results at 50~64°C, 3.0 bar.

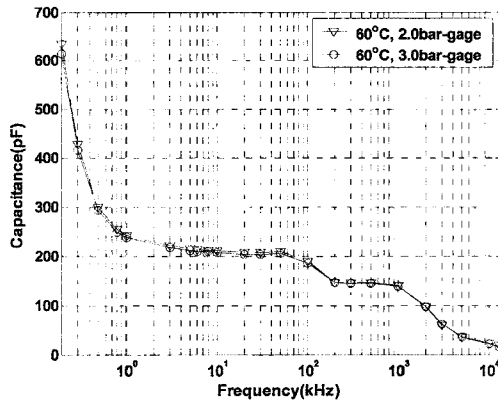


(a) Capacitance of engine oil B

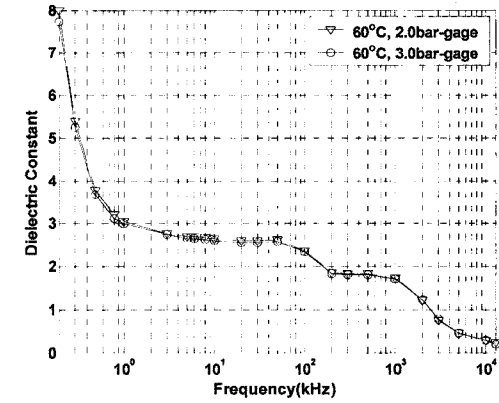


(b) Dielectric Constant of engine oil B

Fig. 9. Measured results at 50°C, 1.0~3.0 bar.

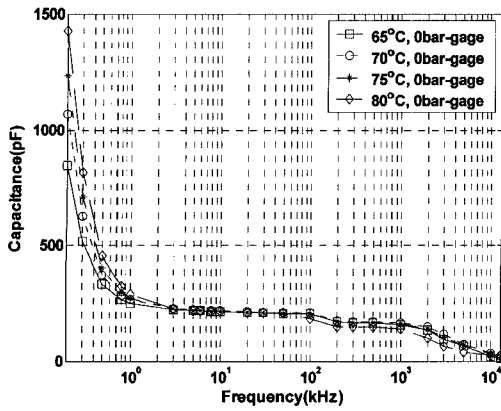


(a) Capacitance of engine oil B

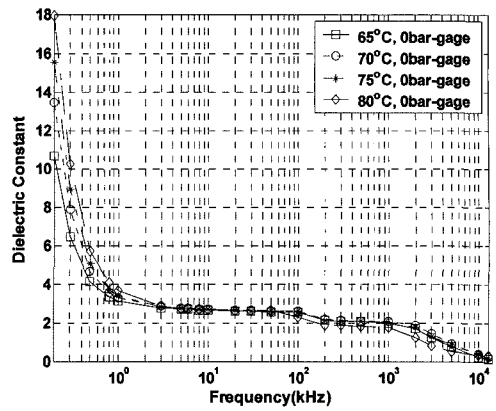


(b) Dielectric Constant of engine oil B

Fig. 10. Measured results at 60°C, 2.0~3.0 bar.

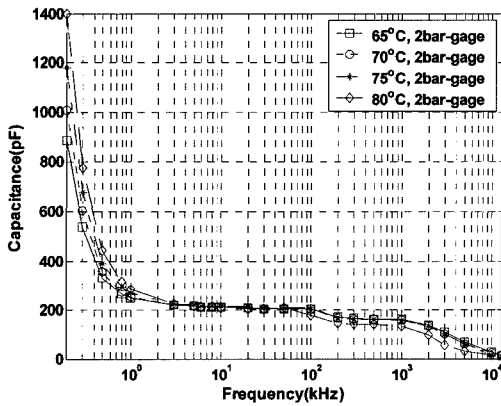


(a) Capacitance of engine oil B

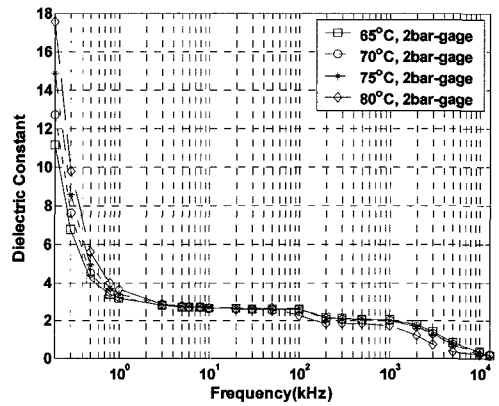


(b) Dielectric Constant of engine oil B

Fig. 11. Measured results at 65~80°C, 0.0 bar.

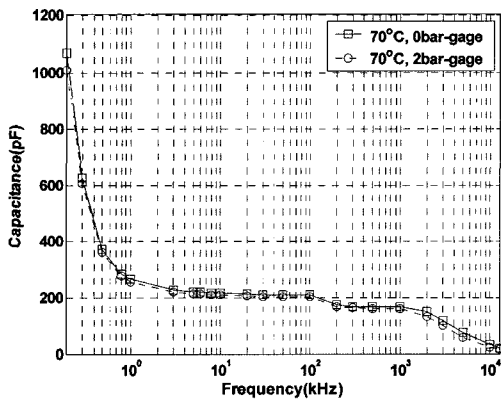


(a) Capacitance of engine oil B

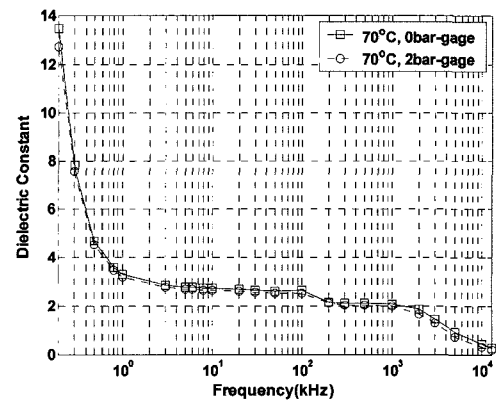


(b) Dielectric Constant of engine oil B

Fig. 12. Measured results at 65~80°C, 2.0 bar.

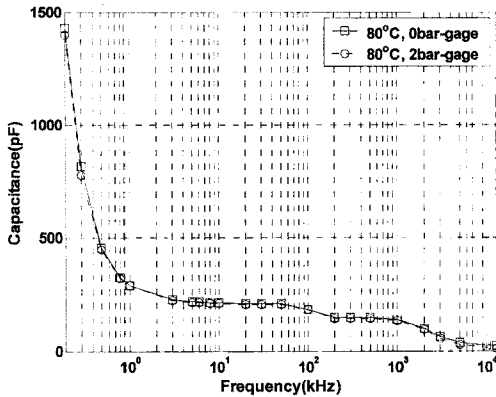


(a) Capacitance of engine oil B

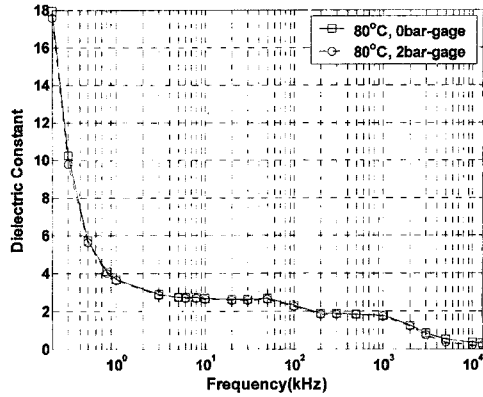


(b) Dielectric Constant of engine oil B

Fig. 13. Measured results at 70°C, 0.0~2.0 bar.



(a) Capacitance of engine oil B



(b) Dielectric Constant of engine oil B

Fig. 14. Measured results at 80°C, 0.0~2.0 bar.

오일온도가 50°C로 일정하고, 압력을 1 bar에서 3 bar로 변화시킬 때, Fig. 9에서와 같이 압력이 1 bar 일 때의 유전상수 값이 2~3 bar에서의 값보다 크게 나타났다. 그 값은 역시 1.8~1.9 사이의 값을 나타냈다. 또한 오일 온도가 60°C로 일정하고, 압력이 2 bar에서 3 bar로 증가하여도 Fig. 10과 같이 그 값에는 큰 변화가 없었다.

오일압력이 0 bar 하에서 오일 온도가 65°C 이상으로 증가하면 Fig. 11에서와 같이 80°C에서 다른 온도에서 보다 유전상수 값이 최대 0.2정도의 떨어졌으며, 오일압력이 2 bar일 때도 Fig. 12에서와 같이 80°C에서 다른 온도에서 보다 최대 0.2정도 떨어졌다. 이러한 고온에서는 유전상수 값이 최대 2.0 근처의 값을 나타내고 있다.

오일 온도가 70°C로 일정할 때, 압력이 0 bar에서 2 bar로 증가해도 Fig. 13에서와 같이 유전상수 값에는 변화가 거의 없었다. 또한 오일 온도가 80°C로 일정할 때, 압력이 0 bar에서 2 bar로 증가시킬 때도 Fig. 14에서와 같이 유전상수 값에는 변화가 거의 없었다. 두 경우 모두 유전상수 값은 2.0 근처에 있었다.

이상과 같은 시험결과로 볼 때, 오일이 순환하면서 온도와 압력이 변화할 때, 오일의 유전상수의 값의 변화에는 다음과 같은 특징이 있음을 알 수 있었다.

측정 주파수가 200~300 kHz범위이고, 오일온도가 20~50°C 영역에 있을 때, 오일이 정지된 상태의 0 bar에서 측정된 유전상수 값과 순환되는 상태의 2~4bar에서 측정된 유전상수 값은 1.8~1.9사이의 값으로 거의 유사하게 나왔다.

오일압력이 2.0 bar일때, 온도가 35°C~50°C 범위에서의 유전상수 변화는 거의 없었다. 한편 오일 압력이 3 bar 이상에서는 같은 온도범위에서 유전상수의 변화는 온도가 낮을 때에 0.1범위 이내에서 크게 나타났다.

온도가 40°C 혹은 50°C로 일정할 때, 2.0 bar에서 3.0 bar로 0.1 bar증가함에 따라 0.1정도 작아졌다.

오일압력이 2.0 bar 혹은 3 bar로 일정할 때, 온도를 50°C에서 64°C로 변화시키면 200~300 kHz에서 1.9정도의 안정된 값이 나타났다.

오일온도가 50°C혹은 60°C로 일정하고, 압력을 1 bar에서 3 bar로 변화시킬 때, 유전상수 값이 1.8~1.9 사이의 값을 나타냈으며, 1 bar에서 크게 나타났다.

오일압력이 0 bar 혹은 2 bar일 때, 오일 온도가 65°C에서 80°C로 증가하면, 유전상수 값에 변동이 조금 있었으며, 80°C에서 다른 온도에서 보다 낮은 값을 나타냈다. 이러한 고온에서는 유전상수 값이 2.0 근처의 값을 나타내고 있다.

오일 온도가 70°C혹은 80°C로 일정할 때, 압력이 0 bar에서 2 bar로 증가해도 유전상수 값에는 변화가 거의 없었다. 유전상수 값은 2.0 근처의 값을 나타내었다.

#### 4. 결 론

본 연구결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 60°C 이하의 일정온도에서 압력이 증가함에 따라 유전상수 값은 작게 나타났다. 그 값의 변화는 0.1 이하이다.
- 2) 65°C 이상의 일정온도에서는 압력변화에 따른 유



전상수 값의 변화가 거의 없었으나, 60°C 이하에서 측정된 유전상수보다는 전반적으로 0.1~0.2정도 높게 나타났다.

3) 3 bar 이상의 일정한 고압에서는 상온에 가까운 온도 쪽으로 낮아 질 때 유전상수 값이 크게 나왔다. 그 값의 변화는 0.1이내이다.

4) 결론적으로 필터-센서의 전용브리지 제작 시 측정주파수는 200 kHz로 고정하고, 유전상수 측정온도는 65°C 이상에서, 그리고 측정 압력은 오일펌프가 정상 작동되는 고압상태에서, 신유 유전상수와 사용유 유전상수의 측정값의 상대 퍼센트 변화량으로 윤활유의 물성 사용한계에 대한 판단이 가능하다.

## 후 기

이 논문은 2007년 정부재원(교육인적자원부 학술연

구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF - 2007 - 521- D00042).

## 참고 문헌

1. 전상명, “오일필터 일체형 엔진오일퇴화감지센서 시제품 개발 I”, 한국윤활학회지, 제24권, 제2호, pp. 82-89, 2008.
2. 전상명, “엔진오일의 유전상수 변화에 관한 연구”, 한국윤활학회지, 제22권, 제2호, pp. 99-104, 2006.
3. 전상명, “오일의 화학적 및 물리적 변화에 의한 퇴화 정도와 유전상수 변화에 관한 상호관계 연구 - 가솔린엔진오일”, 한국윤활학회지, 제22호, 제5호, pp. 260-268, 2006.
4. 전상명, “엔진오일의 화학적 및 물리적 변화에 의한 퇴화 정도와 유전상수 변화에 관한 상호관계 연구 - 디젤엔진오일”, 한국윤활학회지, 제22호, 제5호, pp. 290-300, 2006.