

용량센서를 적용한 오일증기검출기 거동 해석

이길승*(부산대 대학원 지능기계공학과), 김태옥(금오기전(주)),
김화영(부산대 기계공학부), 안중환(부산대 기계공학부)

Analysis of Oil-Mist-Detector applied Capacitance Sensor

G. S. Lee(Mech. & Intel. Eng. Dept., PNU), T. O. Kim(KOMEKO Co.,Ltd),
H. Y. Kim(Mech. Eng. Dept., PNU), J. H. Ahn(Mech. Eng. Dept., PNU)

ABSTRACT

This paper analysed Oil-Mist-Detector applied Capacitance Sensor which protects Diesel engine & human from explosion by detecting density of oil mist distribution. Assuming that distance between oil mists is same, Capacitance sensor plates & all oil mists could be analogized to capacitors. From equivalent circuit of Oil-Mist-Detector, variation of Capacitance which is related to Oil Mist's diameter & density of oil mist distribution is obtainable.

Key Words : Oil-Mist-Detector (오일증기검출기), Capacitance Sensor (용량센서), Permittivity (유전율), Density of oil mist distribution(오일증기분포밀도)

1. 서론

대형 디젤엔진의 경우 저속 고부하 구동으로 인한 기구부(크랭크축, 베어링 등)의 손상이 초래되기 쉽고 그로 인해 발생하는 마찰열로 윤활오일이 증발하여 크랭크케이스 내에서 오일증기로 부유하는데 그 밀도가 증가하면 파손된 기구부에서 발생하는 불꽃(spark) 및 엔진부의 열에 의해 발화를 하게 되고 결국 엔진의 폭발을 초래하여 엔진의 파손은 물론 인명피해까지 초래된다.

오일증기검출기(Oil Mist Detector)는 디젤엔진 내 오일 증기의 분포밀도(Density of Oil Mist Distribution)를 측정하여 기구부의 결함으로 인한 폭발을 사전에 차단함으로써 제품 및 인명을 보호하는 장치이다.

따라서 오일 증기 검출기의 신뢰성을 확보하기 위하여 공기중의 미세입자의 밀도 측정기술의 확보가 필수적이다.

본 논문은 광산란법을 적용한 기존 오일증기검출기의 단점을 개선하고자 새롭게 제안된 용량형 센서를 적용한 오일증기 검출기의 거동을 해석하였다.

2. 거동해석

2.1 오일증기(Oil Mist) 입자의 분포

오일증기의 입자는 단위체적안 모든 위치에서 존재할 확률이 동일하다 가정할 수 있다. 즉, Fig. 1처럼 입자간의 간격은 동일하여 그 배열은 정사면체 구조의 각 꼭지점에 입자가 분포하는 형태를 띈다.

$$\text{Volume of duct} = W \cdot L \cdot H [m^3]$$

$$\text{density of oil mist distribution} = dmist [Kg/m^3]$$

$$\text{density of oil} = doil [g/cm^3]$$

$$\text{radius of oil mist} = Rai [m]$$

$$\text{number of oil mist} = Nx \cdot Ny \cdot Nz$$

$$Dy = \left(\frac{\sqrt{2} \cdot Doil^3 \cdot doil \cdot 10^3}{dmist} \right)^{1/3}, Ny = 2W / Dy$$

$$Dx = Dy \cdot \sqrt{3} / 2, Nx = L / Dx$$

$$Dz = Dx \cdot 2\sqrt{6} / 3, Nz = H / Dz$$

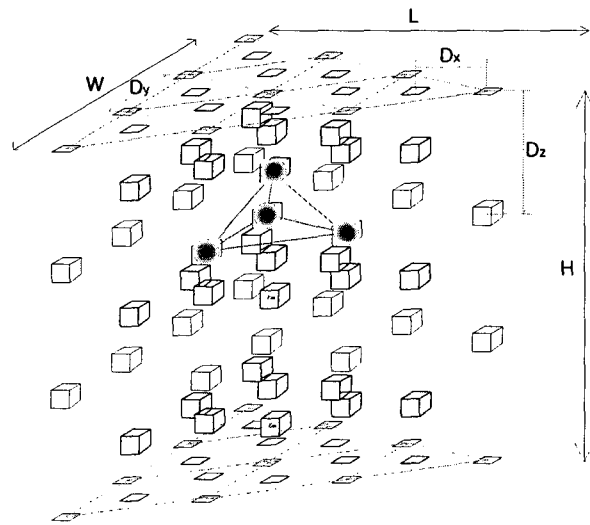


Fig. 1 Distribution of Oil Mist in the air

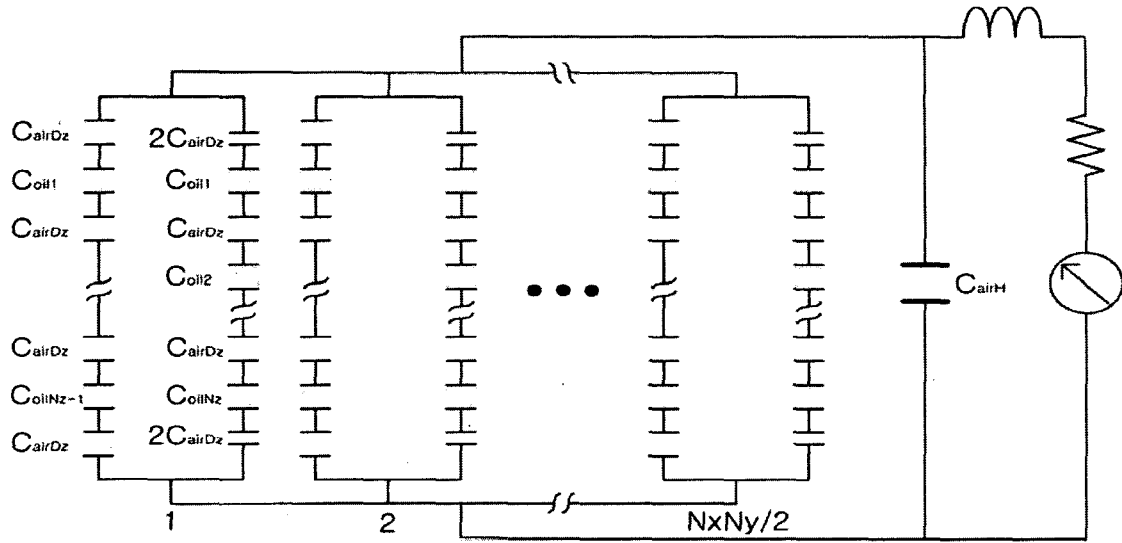


Fig. 2 Equivalent Circuit of Oil-Mist-Detector applied Capacitance Sensor

2.2 오일증기(Oil Mist) 입자 용량

공기중에 부유하는 오일증기 입자의 모양은 구의 형태에 가깝다 할 수 있지만 등가 용량을 갖는 콘덴서로 용이하게 상사하기 위해 모양이 정육면체라 가정하면 정육면체의 한변의 길이는

$$D_{oil} = R_{oil} (4\pi/3)^{1/3}$$

이 된다.

이 때 오일증기 입자 하나의 용량은 다음과 같다.

$$C_{oil} = \epsilon_{oil} \cdot D_{oil}^2 / D_{oil} = \epsilon_{oil} \cdot R_{oil} (4\pi/3)^{1/3}$$

2.3 극판간의 용량

상하 오일입자 사이에 존재하는 공기에 의한 용량은 다음과 같다.

$$C_{airDz} = \epsilon_{air} \cdot D_{oil}^2 / (Dz - D_{oil})$$

오일 입자에 관계하지 않는 극판사이의 공기에 의한 용량은 다음과 같다.

$$C_{airH} = \epsilon_{air} \cdot (W \cdot L - Nx \cdot Ny \cdot D_{oil}^2) / H$$

2.4 등가회로

용량센서의 상하(z-direction)에 위치하는 오일증기 및 극판 사이의 용량은 직렬연결, 평행방향(x,y-direction)에 위치하는 오일증기 및 극판간의 용량은 병렬연결된 콘덴서로 상사하여 등가회로를 구하면 용량센서를 적용한 오일증기 검출기를 Fig. 2와 같이 간략화 할 수 있다.

2.5 용량변화

오일증기 입자크기 및 분포밀도에 따른 용량센서의 용량은 다음과 같다.

$$C_{total} = \frac{1}{2} \cdot Nx \cdot Ny \left[\left\{ \frac{Nz}{C_{airDz}} + \frac{Nz-1}{C_{oil}} \right\}^{-1} + \left\{ \frac{Nz}{C_{airDz}} + \frac{Nz}{C_{oil}} \right\}^{-1} \right] + C_{airH}$$

$$\Delta C_{sensor} = Nx \cdot Ny \left\{ \frac{Nz}{C_{airDz}} + \frac{Nz}{C_{oil}} \right\}^{-1} + C_{airH} - \epsilon_{air} \frac{W \cdot L}{H}$$

3 결론

본 논문에서는 용량형 센서를 적용한 오일증기검출기의 거동 해석을 위한 초기단계로 유속이 없어 오일입자간의 거리가 일정한 경우 극판과 각 오일입자간의 용량을 콘덴서로 상사한 등가회로를 구성하여 오일증기 분포밀도에 따른 용량 변화를 예측하였다.

실제 엔진크랭크 케이스에서 흡입한 오일증기를 포함하는 공기는 덕트 구조를 갖는 용량센서 극판사이를 통과하는 과정에서 점성에 따른 유동의 비선형성으로 입자간의 간격 및 높이에 따른 유속도 달라지게 된다.

이로인한 용량변화에의 영향은 현재 연구 중이며 향후 논문에서 기술하도록 하겠다.

후기

본 연구는 산업자원부 지역산업기술개발사업의 지원에 의해 부산대학교와 금오기전(주)의 산학파제로 이루어진 것임.

참고문헌

1. J.H.Burgoyne and D.M.Newitt, "Crankcase Explosions in Marine Engines", Trans.I.Mar.E, Vol. 18, pp. 255-270, 1955.
2. J.H.Burgoyne, "Accidental Ignitions and Explosions of Gases in Ships", Trans.I.Mar.E, Vol. 77, pp. 129-144, 1965.
3. M.D.Cooper, M.H.Holness and D.McNeill "A Review of Marine Gearbox Explosions", Trans.I.Mar.E, Vol. 93, pp. 2-9, 1981.
4. J.H.Burgoyne and L.Cohen "The effect of Drop Size on Flame propagation in Liquid Aerosols", Proc.roy.Soc.Lond, Vol. 225, pp. 375-392 1954.