

자동차용 정전용량형 습도센서 응용기술

(Automotive Capacitive Humidity Sensor Application)

2001.11.29

정전용량형 습도센서를 적용한 자동차 냉난방 에어컨 시스템에서 운전안전성을 향상시키기 위한 차유리 김서림 방지 제어방법, 차량실내의 쾌적성 향상 및 연료에너지 저감 제어방법과 미국 EPA02 디젤엔진 차량의 배기가스 배출 저감 규제에 대응하기 위한 정전용량형 습도센서 적용 및 자동차 기술동향에 대해 소개한다.

머리말

최근 수년동안 자동차 공기 정화 시스템 및 자동 냉난방 시스템의 최적화 제어를 위해 습도센서가 빠르게 적용되어 왔으며 습도센서의 기술 발전으로 저가격, 고신뢰성, 재현성이 우수한 정전용량형 습도센서를 대량생산 할 수 있게 되었다.

정전용량형 습도센서는 고분자 재질에 흡착되는 물분자량에 따라 정전용량이 변화되는 원리를 이용하여 만들며 습도측정범위가 0~100%RH 로 넓고 직선형의 출력을 갖기 때문에 응용회로가 간단하며 직류에서 작동되므로 마이크로 컴퓨터를 활용한 회로에 적용하기가 쉽다.

이에 비해 저항형 습도센서의 경우 저습도 및 고습도 측정이 어렵고 출력은 비선형이며 온도변화에 대한 변화폭이 크고 수증기 응결, 소금물, 화학물질에 취약하며 센서에 직류를 인가하면 감습재료의 전해 작용 및 전극재료의 전리현상에 의해 영구적인 특성저하가 발생한다. 교류 발생회로에서 0V 를 기준으로 과형의 비대칭이 발생하거나 일반적으로 사용하는 구형파 발생회로를 활용하면 저레벨의 직류를 계속 인가하는 것과 같아 시간이 지날수록 측정 재현성이 점차 저하된다.

정전용량형 습도센서의 감습재료는 흡습성 고분자 재질인 셀룰로오스계를 응용하고 있다. 고분자 재질의 두께를 $d(m)$, 전극면적을 $S(m^2)$, 고분자 재질의 유전율을 $\epsilon (F/m)$, 정수를 A 로 하면 정전용량 C 는 다음과 같다.

$C(F) = A \cdot (S/d) \cdot \epsilon = K\epsilon$ --- 여기서 K 는 $A \cdot (S/d)$ 이며 정전용량형 센서의 구조 및 고분자 재질 등에 의하여 결정되는 고유정수 이다.

자동차용 습도센서는 다음과 같은 조건이 요구되며 HUMIREL 정전용량형 습도센서 및 온도습도센서 모듈은 이 조건을 충족시킬 수 있게 설계되어 신뢰성 시험을 거쳐 생산된다.

자동차용 습도센서 선택 방법

습도센서는 전체 측정범위에서 온도변화에 대한 습도 측정 영향이 적고, 짧은 응답시간, 안정성, 내구성, 작은 히스테리시스를 갖어야 하고 각종 화학 물질, 소금물, 진동, 충격, 빛에 대한 동작 신뢰성이 요구되며, 최근에는 여기에 IC 기술과 결합될 수 있도록 소형화,집적화가 가능해야 한다.

1.측정 응답성

습도의 급격한 변화에 수초 이내에 빨리 응답하여야 하며 현재로는 정전용량형 습도센서가 이 조건을 만족시킬 수 있다. 습도 감지를 위한 최적의 풍속은 2~2.5m/s 이다.(저항형 습도센서는 응답성이 느리다.)

2.작동온도 및 습도측정 범위

-40~100℃ 의 온도조건에서도 0~100%RH 범위의 습도를 측정할 수 있어야 한다. 습도센서는 공기중의 수증기량이 적은 저온(0.1 g/m³@-40℃,80%RH) 또는 건조한 기후 상태에서 부터 고온 다습한(35g/m³@35℃,80%RH) 조건에서도 습도를 측정할 수 있어야 한다. 25℃,50%RH 정상조건에서의 공기 중의 수증기량은 12.4g/m³이지만 35℃,80%RH 에서는 35g/m³로 이를 저온 상태(0.1 g/m³)와 비교하면 350 배 이상이 되므로 습도센서는 **Mollier's Diagram** 에 따라 넓은 범위의 습도 측정을 할 수 있어야 한다.(저항형 습도센서, 광학센서 및 일부 정전용량형 습도센서는 기술적으로 이 조건을 만족시키지 못한다.)

Mollier's Diagram : 물질의 열역학적 성질을 나타내는 선도로서 세로축을 엔탈피(i),가로축을 엔트로피(s)로 하는 것. i-s 선도라고도 한다. 주로 연소기체(공기)나 수증기를 대상으로 그려지며, 가스터빈이나 증기터빈의 사이클 계산에 이용되고 있다. 실제의 기체는 고압·저온이 될수록 완전기체(이상기체)의 상태에서 벗어나며, 특히 수증기에서는 이러한 경향이 심하다. 따라서 실제의 기체나 증기의 상태 변화를 엄밀히 다루는 것은 어려우므로 미리 필요로 하는 상태량을 산출해 표나 선도로서 이용한다.

3.내구성 및 신뢰성

자동차에 설치된 후 최소 10 년 이상 정상 작동되어야 하며 자동차 실내보다 환경조건이 열악한 엔진룸에 설치되어 매연,엔진오일,세척제,유독 배기가스,먼지,정전기,빛 등에 노출되는 조건에서도 정상 작동되어야 한다. (일부 정전용량형 습도센서는 화학물질 및 빛에 노출될 경우 쉽게 고장이 발생하거나 오동작 한다.)

4.신뢰성 시험 및 국제 인증 규격

자동차 관련 응용분야에 사용되는 습도센서는 자동차에서 발생하는 기계적 충격, 진동, 과전압, 정전기, EMC, 열충격 등 신뢰성 시험조건 및 품질조건을 충족시켜야 한다. HUMIREL 정전용량형 습도센서는 QS9000, ISO9001 및 ISO14001 을 획득한 제품이다.

5.대량 생산성 및 집적화

자동차 응용제품에 적용되는 습도센서는 대량생산으로 원활한 공급이 이루어져야 한다. HUMIREL 의 HTS2010SMD 는 표면 실장형 제품으로 하나의 package 안에 습도센서와 온도센서가 포함된 소형화, 집적화된 제품이다.

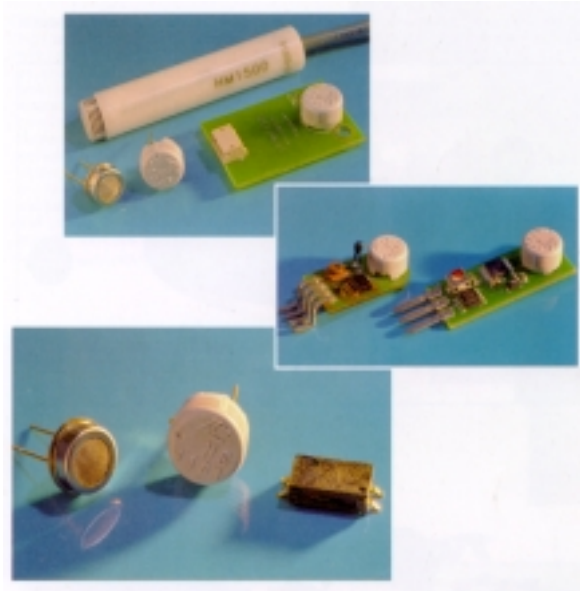


그림 1. HUMIREL 정전용량형 습도센서 제품

습도 관련 용어 및 계산식

1.포화수증기압 : 물 또는 얼음과 수증기가 공존하여 평형상태에 있을 때의 수증기압

$$PPtd(\text{mmHg}) = 10^{8.1332 - (1762.39 / (Td + 235.66))} \text{ --- } Td(^{\circ}\text{C}) : \text{이슬점}$$

2.대기중 수증기압 (PPamb)

$$PPamb(\text{mmHg}) = 10^{(8.1332 - (1762.39 / (Tamb + 235.66)))} \text{ --- } Tamb(^{\circ}\text{C}) : \text{주변온도}$$

3.이슬점(Td): 압력을 일정하게 유지한 채로 기체를 냉각하여 이슬이 생길 때의 온도이다.

$$Td(^{\circ}\text{C}) = -(1762.39 / (\text{Log}_{10}(\%RH * PPamb / 100) - 8.1332)) - 235.66$$

$$4. \text{절대습도 } D(\text{g}/\text{m}^3) = ((PPamb / 760) * 10^6) * (0.001 * 18 / 22.4)$$

5.상대습도(%RH) = (PPamb/PPtd)*100=(D/Dtd)*100 --- PPamb : 대기중 수증기압(mmHg), PPtd :

포화수증기압(mmHg), D : 절대습도 (g/m³), Dtd : 포화절대습도(g/m³)

엄밀하게는 기체중의 수증기 몰(mol)분율과 그와 동일한 같은 온도, 압력에서의 포화수증기의 몰분율과의 비를 %로 나타낸 것이다.

6. 혼합비 : $r(\text{mg}/\text{Kg}) = mv/md = 0.622 * (PPamb / (760 - PPamb))$ --- mv : 수증기 질량(mg), md : 수증기를 제외한 질량(Kg), PPamb : 대기중 수증기압(mmHg)

혼합비는 절대습도가 아니다.

7. 수증기 농도(ppm) : 수증기량과 수증기를 함유하는 기체량과의 비를 ppm 으로 표시한 것이다.

자동차 유리 김서림 방지(Mist Prevention)

운전 안전성을 위한 자동차 유리의 김서림 방지 제어 목적으로 초기에 저항형 습도센서가 적용되었으나 저항형 습도센서는 <그림 2>에서 보듯이 출력이 비선형이며 30%RH 미만의 습도와 80%RH 이상의 습도를 정확히 측정할 수 없고 응답성이 느리다. 또한 습도센서 주변의 온도가 이슬점 이하로 내려가 습도센서에 응결이 발생할 경우 습도감지 특성이 급격히 저하된다.

광학센서를 사용하는 방식은 유리에 먼지등 이물질이 부착 시 측정 감도가 떨어지고 김서림이 발생한 후 감지하게 되므로 김서림을 빨리 제거하기 위해서는 송풍모터와 팬을 강하게 작동시켜야 하며 이로 인하여 소음이 발생되고 유리표면에 더운 바람이 갑자기 유입되어 순간적으로 김서림이 많이 발생하게 된다.

차량 실내에서는 운전자와 승객으로부터 방출되는 수분량 때문에 습도가 점차 상승되므로 이슬점 온도가 차유리 내부 표면의 온도보다 낮을 경우 김서림이 발생하게 된다. 김서림 방지를 위한 실내 공기 재순환 시스템의 구조설계에서는 외부공기의 유입량과 재순환량에 따라 차량 실내의 급격한 습도증가를 방지하게 하는 것이 중요한 요소이다. 공기 재순환 제어 중 습도가 갑자기 증가하여 이슬점 부근에 도달하면 셔터 및 송풍팬을 제어하여 적절한 외부공기를 실내에 유입시키고 겨울철에는 실내공기 온도를 높이면서 공기 재순환량 및 속도를 증대시켜야 한다.

그러나 습도센서로 김서림 시작상태를 감지하고 외부공기의 유입 및 공기 재순환량과 속도를 제어하여도 김서림을 완전히 방지하기는 어려워 습도조건에 따라 Compressor 를 작동시켜 증발온도를 동시에 조절하는 것이 일반적인 방식이다.

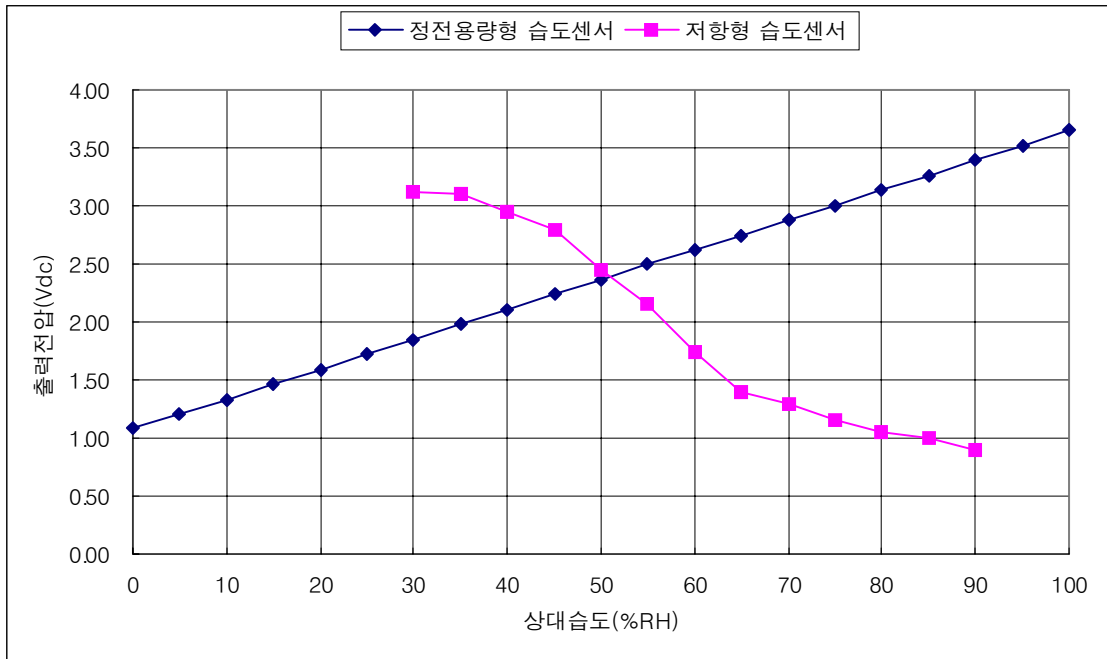


그림 2. 정전용량형 습도센서 대 저항형 습도센서 출력 곡선(23℃기준)

운전 안전성 및 차량 실내의 쾌적성 향상을 위해 자동차 회사에서는 0~100%RH 까지 선형적으로 측정할 수 있고 응결이 발생한 후 회복 응답시간이 빠른 정전용량형 습도센서를 채택하고 있다. HUMIREL 정전용량형 습도센서의 150 시간 응결 시험 후 회복 응답시간은 일반적으로 10 초 이내이다.

습도센서를 활용한 김서림 방지 제어 방법에는 이슬점을 직접 계산하는 방법, 이슬점 Look-up Table 활용방법 및 유리 부착형 별도의 온습도센서를 활용한 습도측정 제어 방법이 사용된다.

차유리 내부 표면의 이슬점을 측정하기 위해서는 실내용 온습도센서 모듈과 별도로 온도센서를 차유리 내부 표면에 설치하여야 하며, 정확한 측정이 필요치 않으면 기존 설치된 외기 온도센서를 활용하는 방법이 있으며 별도의 온습도센서 모듈을 설치하여 100%RH 상대습도에 의해 이슬점을 측정하는 방법이 있다. 일반적으로 실내용 온습도센서 모듈은 Room Mirror Housing 뒷부분이나 Air Duct 내부에 설치된다. <그림 4>

자동 냉난방 시스템 제어장치의 마이크로컴퓨터는 실내 온습도 및 차유리 내부표면의 온도 신호를 입력받아 이슬점을 계산하여 김서림 방지 및 실내 쾌적성을 증가시키기 위한 제어를 이행한다.

1. 이슬점을 활용한 김서림 방지 제어 방법

- 차유리 내부 표면온도(T_{ws}) > 이슬점(T_d): 김서림 발생 안됨
- 차유리 내부 표면온도(T_{ws}) = 이슬점(T_d): 김서림(응결), 100%RH
- 차유리 내부 표면온도(T_{ws}) < 이슬점(T_d): 김서림 발생

$T_{ws} - T_d < \alpha$ °C 가 되면 (이때의 차유리 내부 표면 근처의 습도는 80~95%RH 임) 가변속도 송풍모터와 팬의 속도를 여러단계로 제어하여 송풍팬의 소음을 줄이면서 서서히 더운 바람으로 차유리 내면의 온도를 이슬점 이상으로 상승시키며 경우에 따라 Compressor 를 가동시켜 습도를 낮춰 김서림이 발생하는 것을 방지한다.

일반적으로 사용되는 습도센서의 측정오차 범위가 $\pm 5\%RH$ 이므로 이슬점 계산 방식보다는 이슬점 Look-up Table 방식에 의한 보간법 및 습도온도 계수를 활용하여 근사값에 의한 이슬점을 구하며 측정 정확도를 높이려면 측정오차 범위 $\pm 3\%RH$ 습도센서를 사용한다.<표 1>, <표 2>

2. 차유리 내부 표면의 습도측정을 활용한 김서림 방지 제어 방법

습도측정 제어 방식은 차유리 내부 표면에 별도의 일체형 온습도센서 모듈을 부착하여 차유리 근처의 습도를 측정하여 김서림 방지 제어를 하며 이슬점 측정 방식에 비해 프로그램 제어로직이 간단하다. 온도센서는 온도 변화에 따른 습도센서의 온도계수 보상용으로 사용한다.<표 2>

<그림 3>은 김서림 방지 제어의 일례를 나타낸다. 차유리 표면의 습도가 80%RH 에서 계속 상승하여($\Delta \%RH/\Delta t > \alpha$) 95%RH 부근에 도달할 때까지 시간변화에 따른 습도 변화량이 양수이므로 잠시 후 습도가 100%RH 가 되어 김서림이 발생하기 시작한다. 습도가 100%RH 에 도달하기 전에 t_2 지점에서 서서히 송풍팬을 ON 시켜 차유리 표면의 온도를 높이고 경우에 따라 Compressor 를 ON 시켜 습도를 낮추기 시작하여 김서림을 방지하고 t_3 지점에서 습도가 70%RH 정도가 되면 송풍팬 및 Compressor OFF 시킨다. 각각의 온도에서 습도가 100%RH 이면 김서림이 발생하기 시작하는 이슬점이다.<표 1>

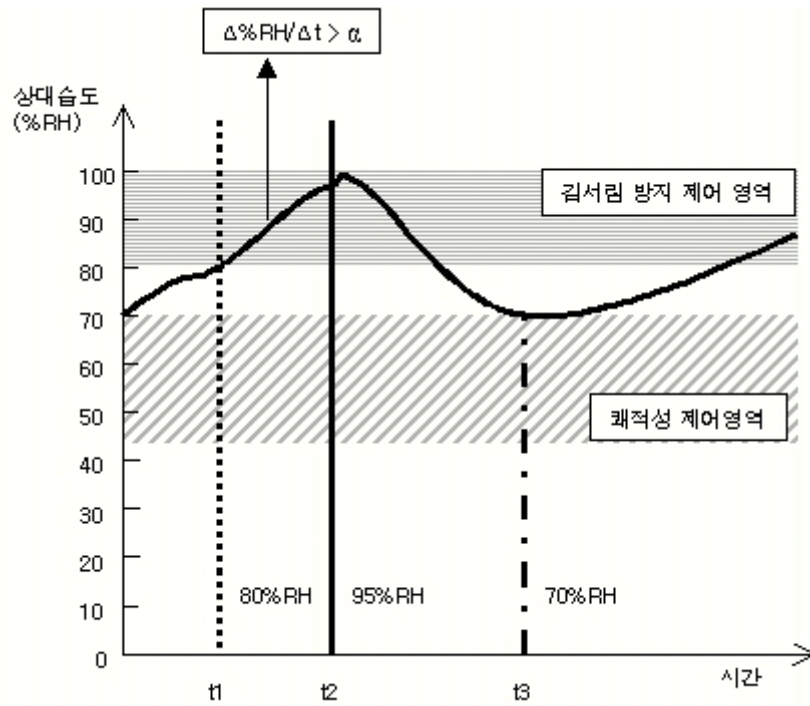


그림 3. 자동차 냉난방 시스템 최적화 제어 곡선



그림 4. 온습도센서 모듈 및 온도센서 설치 위치

일본 자동차 시험 규격은 차량안에서의 단위 부피 속에 포함될 수 있는 최대 수증기량을 $50g/m^3$ 으로 규정하고 있다. (밀폐된 Chamber 가 아닌 차량 실내와 같은 자연상태일 때 $40^{\circ}C, 100\%RH$ 에서의 포화수증기량은 $58g/m^3$ 이며 이보다 높으면 포화수증기 이상의 수증기는 물로 변환되어 $58g/m^3$ 을 유지한다. 이 상태에서 온도가 상승하면 습도는 낮아진다. 사막과

같은 온도가 높은 조건에서는 차량안의 습도는 낮아진다.)

(참조 : 이슬점 계산식)

1. 이슬점: $Td(°C) = -(1762.39 / (\log_{10}(\%RH * PPamb / 100) - 8.1332)) - 235.66$

2. 대기중 수증기 분압 : $PPamb(mmHg) = 10^{(8.1332 - (1762.39 / (Tamb + 235.66)))}$ --- $Tamb(°C)$: 주변 온도

단위 : °C

상대습도 (%RH)	온도(°C)									
	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
100	-5.0	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0
95	-5.7	-0.7	4.3	9.2	14.2	19.2	24.1	29.1	34.1	39.0
90	-6.4	-1.4	3.5	8.4	13.4	18.3	23.2	28.2	33.1	38.0
85	-7.1	-2.2	2.7	7.6	12.5	17.4	22.3	27.2	32.1	37.0
80	-7.9	-3.0	1.9	6.7	11.6	16.5	21.3	26.2	31.0	35.9
75	-8.7	-3.9	1.0	5.8	10.6	15.4	20.3	25.1	29.9	34.7
70	-9.6	-4.8	0.0	4.8	9.6	14.4	19.2	23.9	28.7	33.5
65	-10.5	-5.8	-1.0	3.8	8.5	13.2	18.0	22.7	27.4	32.2
60	-11.5	-6.8	-2.1	2.6	7.3	12.0	16.7	21.4	26.1	30.8
55	-12.6	-7.9	-3.2	1.4	6.1	10.7	15.4	20.0	24.6	29.2
50	-13.7	-9.1	-4.5	0.1	4.7	9.3	13.9	18.5	23.0	27.6
45	-15.0	-10.4	-5.9	-1.3	3.2	7.8	12.3	16.8	21.3	25.8
40	-16.4	-11.9	-7.4	-2.9	1.6	6.0	10.5	15.0	19.4	23.8
35	-18.0	-13.5	-9.1	-4.7	-0.3	4.1	8.5	12.9	17.3	21.7
30	-19.8	-15.4	-11.0	-6.7	-2.4	2.0	6.3	10.6	14.9	19.2

표 1. 이슬점 Look-up Table

(HUMIREL 습도센서 온도보상 방법)

$55\%RH + (0.1 * (40 - 23)) = 55\%RH + 1.7\%RH = 56.7\%RH @ 40°C$

$55\%RH + (0.1 * (10 - 23)) = 55\%RH - 1.3\%RH = 53.7\%RH @ 10°C$

단위 : %RH/°C

상대습도 (%RH)	온도(°C)											
	-20	-10	0	10	20	23	30	40	50	60	70	80
10	0.075	0.075	0.075	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.15	0.2
20	0.075	0.075	0.075	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.15	0.2
30	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15	0.2
40	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15	0.2
50	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15	0.2
60	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15	0.2
70	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.15	0.2
80	0.225	0.225	0.225	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.225	0.3
90	0.225	0.225	0.225	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.225	0.3

표 2. HUMIREL HS1101/HTS2010SMD 습도센서 온도계수

냉난방용 자동 에어컨 쾌적성 향상

종래의 자동차 냉난방용 자동에어컨은 온도 센서로만 실내온도를 측정하여 실내온도가 설정된 온도보다 높으면 Compressor 를 ON, 히터를 OFF 시키고, 설정된 온도 보다 낮으면 Compressor 를 OFF, 히터를 ON 제어하는 것이 전부였으나 최근에는 습도 센서를 부착하여

온도와 습도의 두 변수에 의해 Compressor 및 히터를 ON/OFF 제어하여 실내의 쾌적성을 증
가시키고 에너지효율을 향상시키는 방법이 사용되고 있다.

우리가 느끼는 따듯하거나, 춥거나, 쾌적한 상태는 주위 온도와 습도의 변화에 의해 일어난
다. 일반적으로 건조하고 더운 상태보다 습하고 더운 상태가 견디기 힘들다. 같은 방식으로
건조하고 추운 상태보다 습하고 추운 상태가 견디기 힘들다. MTCR(Mean Thermal Comfort
Ratio)은 문화에 따라 쾌적감을 느끼는 정도에 차이가 있다.

<그림 5>는 전형적인 온습도에 대한 쾌적 영역을 나타내고 있다. 온도에 의해서만 제어되는
냉난방 시스템의 경우, 제어온도를 22.5℃로 세팅하여 놓으면, A 영역에서는 습도가 낮아 온
도가 24℃에도 이미 쾌적조건이 되었지만 22.5℃까지 온도를 내리게 냉방장치를 가동하여야
한다. 이와 같은 경우 건조한 주변조건에서도 Compressor 가 가동되어 습도가 20%RH 까지
내려가게 될 수 있어 서늘하게 느껴지게 되며 이는 일반적인 온도로만 제어되는 냉난방 시
스템에서 흔히 발생하는 일이다.

B 영역인 경우 습도가 높아 온도가 22.5℃보다 낮아도 쾌적조건이 되었지만 난방 시스템을
가동하여 22.5℃까지 온도를 높여야 되므로 별도의 에너지가 소모된다.

C 영역인 경우 냉방시스템을 가동하여도 쾌적조건에 도달하지 못하고 에너지만 계속 소모
된다. 이와 같이 온도로만 냉난방 시스템을 제어하면 쾌적상태를 유지하는데 문제점이 있
으므로 습도센서를 적용하여 쾌적성 향상 및 에너지 절약을 꾀하고 있다.

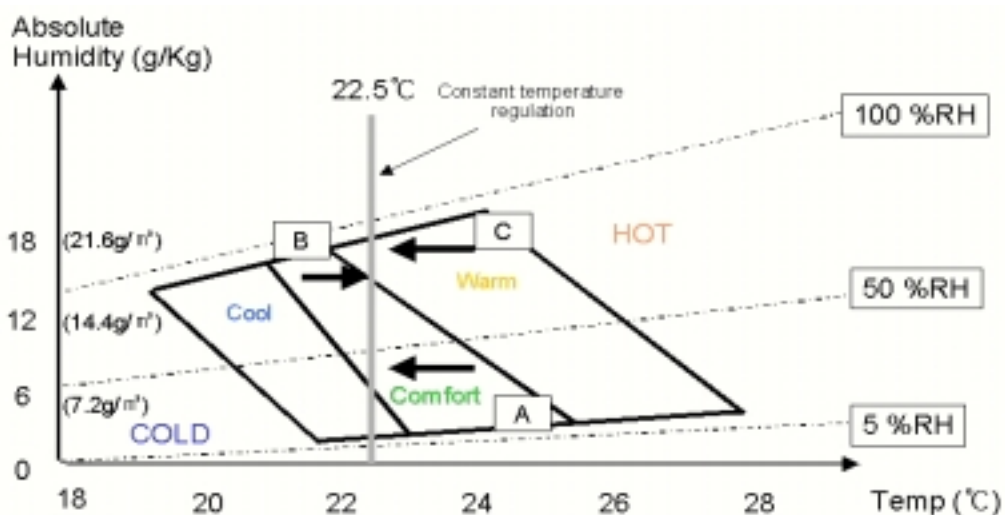


그림 5. 온습도에 대한 쾌적 영역

습도 제어를 통한 에너지 절약

<표 3>에서 보듯이 70 m³의 실내 체적을 기준으로 20℃에서 1℃온도를 올리거나 내리는데 상대습도 10%RH 조건에서는 0.56KWh 가 소모되고 상대습도 90%RH 조건에서는 1.24KWh 의 에너지가 소비되어 약 2.2 배의 에너지가 더 소비된다. 주변온도가 높거나 낮을 때는 습도 조건에 따라 더욱 에너지 소비에 차이가 발생한다. (10.5 배@0℃, 2.8 배@40℃)

이와 같이 주변온도가 동일할 때 높은 습도에서는 낮은 습도에서 온도를 제어할 때보다 에너지 소비가 늘어나므로 온도와 습도를 같이 제어하여 습도를 적정하게 유지하게 하면 에너지 절약을 할 수 있다.

Energy unit : KWh

상대습도 (%RH)	온도범위(℃)				
	0	10	20	30	40
10	0.02	0.29	0.56	0.83	1.14
20	0.05	0.33	0.64	0.98	1.39
30	0.07	0.38	0.72	1.13	1.65
40	0.09	0.43	0.81	1.28	1.91
50	0.12	0.47	0.89	1.44	2.17
60	0.14	0.52	0.98	1.59	2.43
70	0.16	0.56	1.07	1.74	2.7
80	0.19	0.61	1.15	1.9	2.97
90	0.21	0.66	1.24	2.05	3.24

표 3. 온도 1℃ 변화에 따른 에너지 소비량(70 m³ 실내 기준)

습도센서 모듈 제품 생산용 간이 습도보정 Chamber 제작 방법

<그림 6>의 방법으로 간이 습도보정 Chamber 및 측정장비를 설치한 후 간이 Chamber 내부의 온도를 18~26℃, 습도를 45~65%RH 로 유지하게 관리하면 HUMIREL 정전용량형 습도센서 모듈은 20~85%RH@23℃ 영역에서 ± 5%RH 의 측정 오차범위를 갖도록 습도보정을 할 수 있다.

기준 온습도 측정장비로는 온습도 Probe 가 있는 측정용 계측기(Accuracy : ± 1.5~2%RH@10~90%RH,23℃)나 HUMIREL 에서 공급되는 습도보정용 Golden Sample 을 활용한다. 습도보정을 하기위한 습도센서 모듈의 안정화 시간은 10~15 분 정도이며 간이 Chamber 는 가변저항 조정용 소형 Driver Hole 만 제외하고 외부조건에 영향을 받지 않도록 제작한다. 간이 Chamber 를 2 개 만들어 Chamber A 에 있는 습도센서 모듈을 보정할 동안 미리 Chamber B 의 습도센서 모듈을 10~15 분정도 안정화 시키면서 번갈아 사용한다.

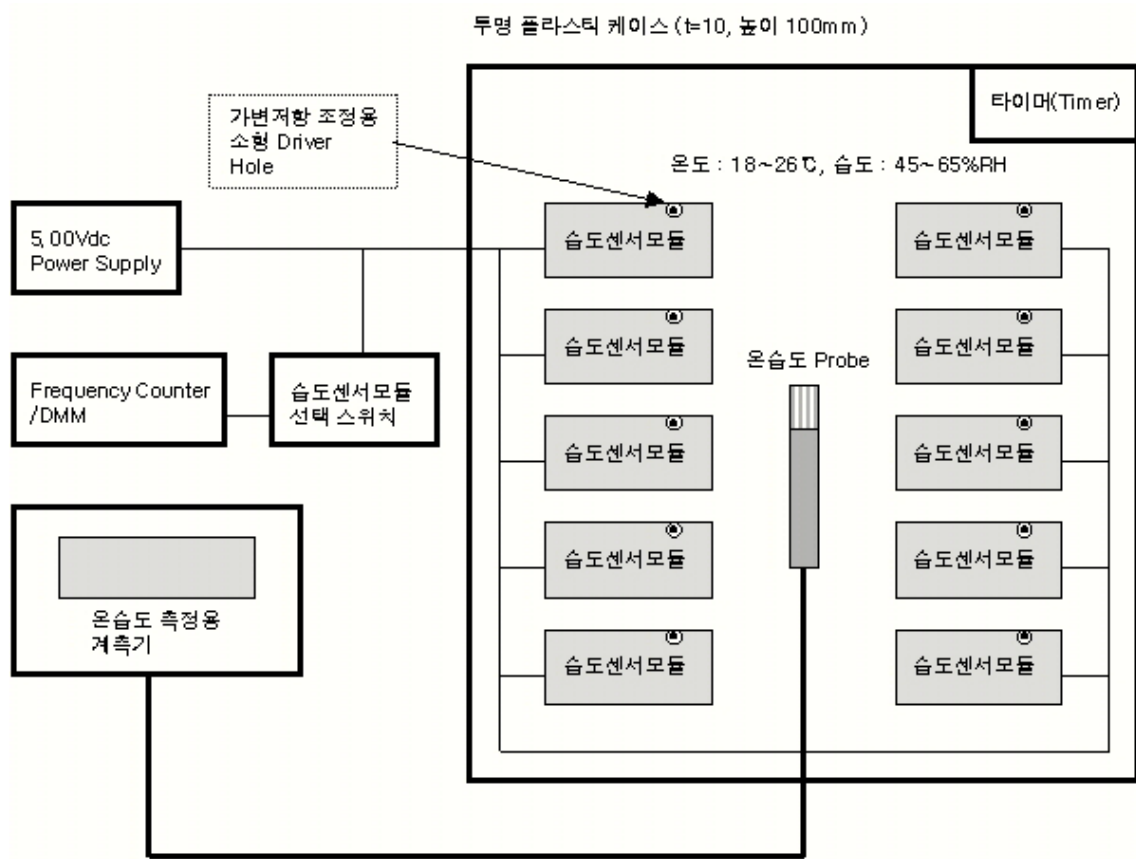


그림 6. 습도 보정용 간이 Chamber 구성 방법

습도센서 제품 허용오차(10~90%RH@23℃)

습도 Transmitter	± 2~3%RH
자동차용 습도센서 모듈	± 3~5%RH, ± 5~10%RH
가전제품용 습도센서 모듈	± 5~10%RH

<HS1100/HS1101 습도센서 엘리먼트 사용 시 주의사항>

- 1) 센서 극성 : 엘리먼트 밑면 금속판과 분리된 리드선이 (+) 이고 금속판과 연결된 리드선이 (-)이므로 (-)리드선을 접지(GND)시킨다.
- 2) 반도체 제조업체별로 CMOS 555 Timer IC 연결핀의 부유(Stray)정전용량의 차이가 있고 이 부유정전용량이 주파수 출력 변화의 영향을 주기 때문에 Texas Instrument 또는 National Semiconductor 의 CMOS 555 Timer IC 를 사용하는 것이 좋다. (PCB Pattern 설계 시 부유정전용량이 작게 설계한다.)
- 3) 온도와 습도의 변화에 따라 부유 정전용량이 변화되므로 CMOS Timer 5 번핀에 온도계수 보상용 저항을 연결하고(TLC555 인 경우 : 909 kΩ(1%), LMC555 인 경우 : 1238 kΩ(1%) 연결), CMOS 555 Timer IC 및 전자부품 전체를 환경 오염이 없는 습도방지 Varnish 로 Coating 한다.
- 4) 납땜 시는 250℃에서 5 초이내에 하도록 한다.(과열 납땜 시 고장 발생)

- 5) HS1101 의 리드선 길이가 길면 정전용량의 차이가 있으므로 리드선은 짧게하여 사용하여 함
- 6) 습도 계측기는 응답성이 빠르고 측정 Accuracy 가 $\pm 1.5 \sim 2\%RH@10 \sim 90\%RH, 23^{\circ}C$ 인 정전 용량형 습도센서를 사용한 계측기를 선택한다. (VAISALA 계측설비가 널리 사용되고 있다.)

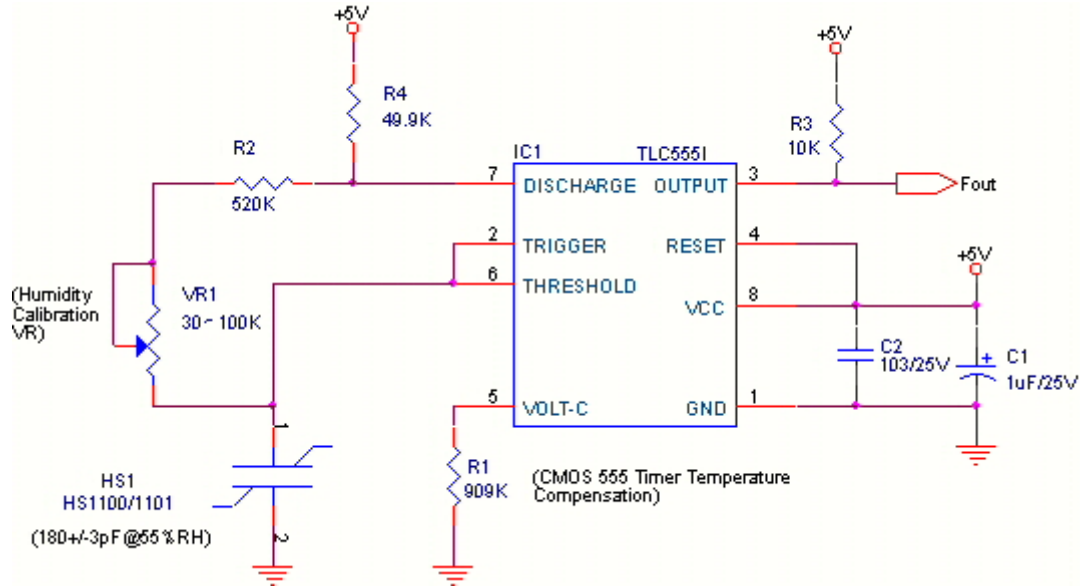


그림 7. HS1101 습도센서 엘리먼트+ CMOS 555 Timer 응용회로

출력 주파수 계산식 : $1/(C@ \%RH * (R4 + 2 * (R2 + VR1))) * \ln 2$

HS1101 + CMOS 555 Timer 주파수 출력 Table(Vsupply : 5Vdc, 25°C 기준)

%RH	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
출력주파수(Hz)	7351	7224	7100	6976	6853	6728	6600	6468	6330	6186	6033

55%RH 에서 출력주파수가 6660Hz 가 나오게 VR1 저항값을 조정하여 습도보정을 한다.

R1 은 CMOS 555 Timer IC 의 온도계수 보상용 저항이며 TLC555I Timer IC 인 경우 909 kΩ(1%) 을 사용한다.

<그림 8>은 HUMIREL 습도센서 모듈(HM1500) 및 온습도센서 모듈(HTF3223,HTM1505)과 마이크로컴퓨터를 활용한 온습도 표시 회로의 일례를 보여준다.

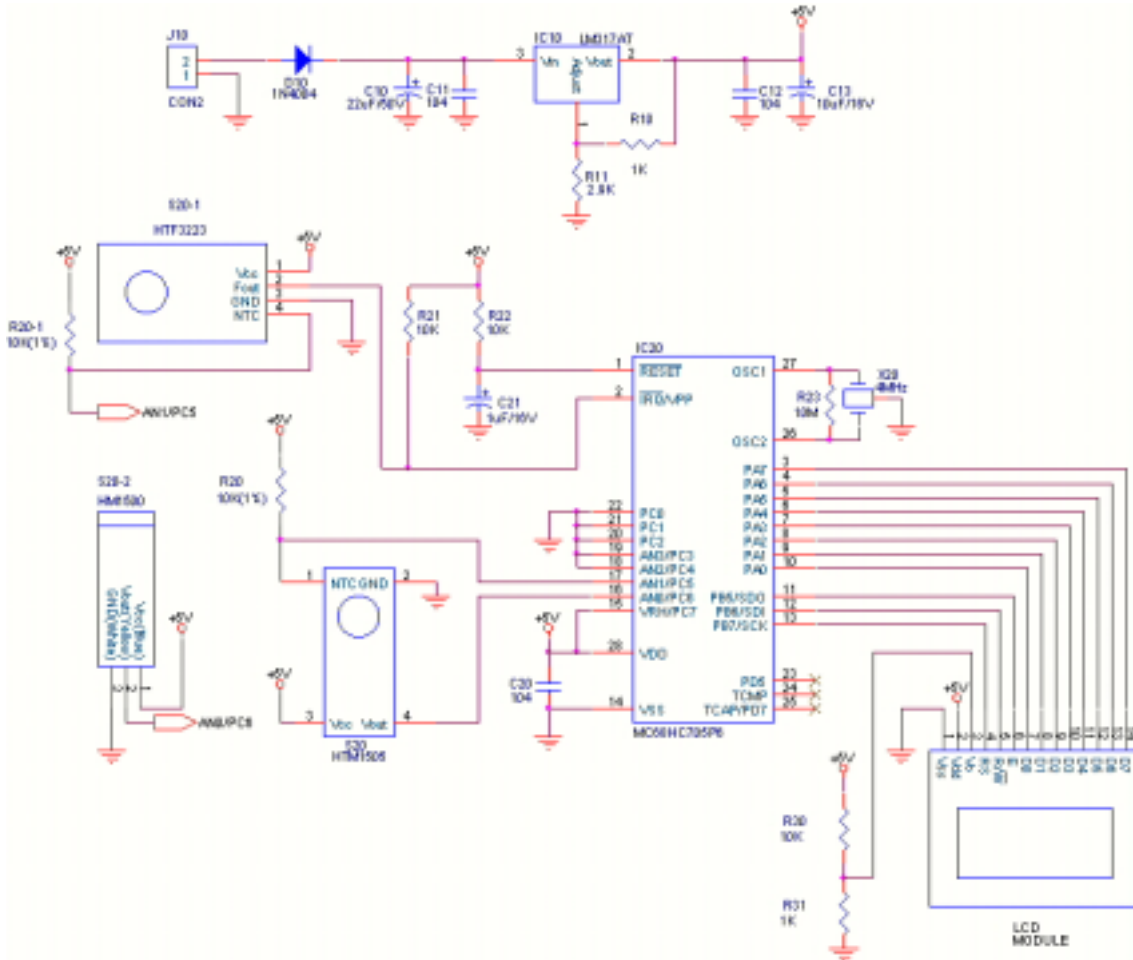


그림 8. HUMIREL 습도센서 및 온습도센서 모듈 응용회로

습도 계측기 및 항온항습 Chamber 검교정

검교정이란 산업체 및 유통 시장에서 사용하는 각종 계측기를 공인된 교정검사 기관으로부터 표준기와 비교하여 사용 계측기 오차를 보정하여 계측기의 측정 정확도를 유지하기 위해 관련 법률에 의하여 실시되는 임의 제도이다.

습도 계측장비 검교정 일반 기준 (10~90%RH@23℃)

Dew Point Hygrometer(미국 NIST)	± 0.5%RH
Dew Point Hygrometer(프랑스 CETIAT)	± 0.7%RH
Dew Point Hygrometer	± 1%RH
Humidity Transmitter	± 1.5%RH
HUMIREL Humidity Golden Sample	± 1.5%RH

습도계측기 및 항온항습 Chamber 는 3~6 개월 마다 1 회 한국표준과학연구원(KRISS) 및 산

업기술시험원(KTL)에서 검교정을 하여 측정 정확도를 유지시켜야 한다.

검교정 기관

1. 한국표준과학연구원(Korea Research Institute of Standards and Science) : <http://www.kriss.re.kr/>
2. 산업기술시험원(Korea Testing Laboratory) : <http://www.ktl.re.kr/>
3. 프랑스 CETIAT(Centre Technique des Industries Aerauliques et Thermiques) : <http://www.cetiat.fr/>
4. 미국 NIST (National Institute of Standards and Technology) : <http://www.cstl.nist.gov/div836/836.05/thermometry/home.htm>

<포화염 용액법에 의한 습도센서 보정 방법>

습도보정을 하기위해 사용하는 포화염 용액법은 어떤 종류의 염화물을 순수한 물에 포화 상태가 되도록 용해시켜 용기에 밀봉하면 용기안의 습도가 용액을 만든 염화물의 종류 및 온도에 따라 일정해져서 습도 정점이 되는 것을 활용하는 것이다. 비교적 간단하고 신뢰성 있는 방법으로 포화염 용액의 양과 용기의 용적과의 관계, 액상과 기상의 접촉방법, 염화물의 열화상태 등 여러조건의 변화에 따라 보정 정밀도의 오차가 발생할 수 있다. 순도가 높은 염화물 시료는 화공약품 취급점에서 구할 수 있다.

습도보정 방법에는 2 점보정 및 3 점보정 방법이 사용되며 2 점보정은 첫 번째 10-15%RH 저습에서 보정 후 60%RH 이상의 습도에서 두 번째 보정을 하며, 3 점보정은 첫 번째 10-15%RH 저습에서 보정하고 두번째 보정은 50%RH 부근에서 한 후 70%RH 이상에서 세 번째 보정을 한다.

포화염 용액을 만들 때는 탈이온수 나 증류수를 사용하고 약 5%정도의 염화물이 용액 중에 녹지 않는 상태가 되면 용액이 포화된 상태가 되었다고 간주한다. 습도센서의 습도보정 절차는 다음과 같다.

- 1) 초기 습도보정을 위하여 포화염 용액이 든 유리용기를 뚜껑을 덮어 온도 chamber 에 넣고 일정온도(25℃)에서 온도 Chamber 와 함께 24 시간이상 안정화시킨다.
- 2) 포화염 용액 용기는 직경 15Cm 이상 높이 10Cm 의 유리용기를 사용하며 윗부분의 뚜껑은 PTFE(테프론) 또는 비슷한 재질로 된 기밀이 잘되는 것을 선택한다. 뚜껑부분에 습도센서와 온도 및 습도 측정 계측기용 probe 가 들어갈 수 있는 구멍을 만든다. 유리용기에 3Cm 높이로 포화염 용액을 부은 후 습도센서 엘리먼트를 포화염 용액 표면으로부터 3-4Cm 높이에 위치시킨다.
- 3) 습도센서 엘리먼트 및 계측기용 probe 취부부분은 코르크등의 재질로 만들어 기밀시켜야 한다. 유리용기를 일정온도의 온도 chamber 에 넣는다. 포화염 용액 유리용기는 열전달이 차

단되는 단일재료로 감싸주어야 한다.

4)센서회로에 전원을 연결하고 15 분 정도 지난 후 해당습도에서 원하는 출력신호가 나오게 습도보정을 실시한다. (2 점보정 또는 3 점보정 실시) --- 뚜껑을 열었다 밀봉시킬 경우 15 분 정도 경과 후 안정화 시켜 보정을 실시한다.

포화염 용액의 온도에 따른 상대습도는 아래 <표 4>와 같다.

온도(℃)	염화리튬 용액(%RH) LiCl,H ₂ O	염화마그네슘 용액(%RH) MgCl ₂ ,6H ₂ O	질산마그네슘 용액(%RH) Mg(NO ₃) ₂ ,6H ₂ O	염화나트륨 용액(%RH) NaCl,6H ₂ O	황산칼륨 용액(%RH) K ₂ SO ₄
5	13	33.6±0.3	58	75.7± 0.3	98.5± 0.9
10	13	33.5±0.2	57	75.7± 0.2	98.2± 0.8
15	12	33.3±0.2	56	75.6± 0.2	97.9± 0.6
20	12	33.1±0.2	55	75.5± 0.1	97.6± 0.5
25	11.3±0.3	32.8±0.3	53	75.3± 0.1	97.3± 0.5
30	11.3±0.2	32.4±0.1	52	75.1± 0.1	97.0± 0.4
35	11.3±0.2	32.1±0.1	50	74.9± 0.1	96.7± 0.4
40	11.2±0.2	31.6±0.1	49	74.7± 0.1	96.4± 0.4
45	11.2±0.2	31.1±0.1	-	74.5± 0.2	96.1± 0.4
50	11.1±0.2	30.5±0.1	46	74.6± 0.9	95.8± 0.5
55	11.0±0.2	29.9±0.2	-	74.5± 0.9	-

표 4. 포화염 용액의 온도에 따른 상대습도

자동차용 정전용량형 습도센서 기술동향

자동차 냉난방 시스템 최적화, 미국의 EPA2002 배기가스 저감 규제, 유럽과 미국의 OBD2 규격 및 연비향상 규제가 있다.

1. 자동차 냉난방 시스템 최적화

쾌적성, 안전성(Mist Prevention) 향상 및 연료절약을 위해 정전용량형 습도센서 및 온도센서를 적용하고 있다.

유럽에서는 2001년에는 1 백만, 2003년에는 2.5 백만, 2005년에는 5 백만대 이상의 자동차에 적용될 예정이며 미국 및 일본에서는 2003년에 2 백만대 이상의 자동차에 정전용량형 습도센서가 적용될 예정이다. 자동차 회사에서는 쾌적성, 안정성 및 연료절약의 세가지 조건을 충족하기 위해 자동차 1 대당 최소한 2~3 개 정도의 정전용량형 습도센서를 적용할 예정이다.(각각의 응용 분야에 따라 요구되는 습도,온도 범위, 측정오차 및 설치위치가 다르기 때문에 2~3 개 정도의 정전용량형 습도센서가 필요하다.)

2. 자동차 디젤 엔진 황화물 배출 저감

미국에서 2002 년부터 EPA02 배출가스 규제에 따라 디젤엔진의 배기가스 배출을 저감하기 위해 적용될 것이며 유럽에서는 디젤엔진 자동차에 2005 년부터 적용될 예정이다. 정전용량형 습도센서는 에어필터와 Intake manifold 사이에 설치되기 때문에 신뢰성이 요구되며 산소센서와 함께 사용하여 흡입공기량과 습도에 따라 엔진전자제어장치가 디젤연료 분사량을 보정 제어함으로써 동력성능 및 연비를 향상 시킨다.. 또한 기존의 디젤연료를 황의 함량이 극히 적은 초저황(Ultra-low-sulfur) 청정 디젤연료로 대체하여 사용함으로써 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물 및 매연입자 등의 각종 배기오염물 발생량을 보다 더 저감시키게 된다. 디젤엔진용 습도센서 시장은 2003 년에 50 만개로 예상된다.

(주)다연전자

<http://www.dayeon.net>