



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0041365
(43) 공개일자 2008년05월13일

(51) Int. Cl.

G01F 1/34 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0109387

(22) 출원일자 2006년11월07일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

현대자동차주식회사

서울 서초구 양재동 231

(72) 발명자

기정도

서울 동작구 대방동 501번지 현대아파트 102-305

(74) 대리인

백남훈, 이학수

전체 청구항 수 : 총 10 항

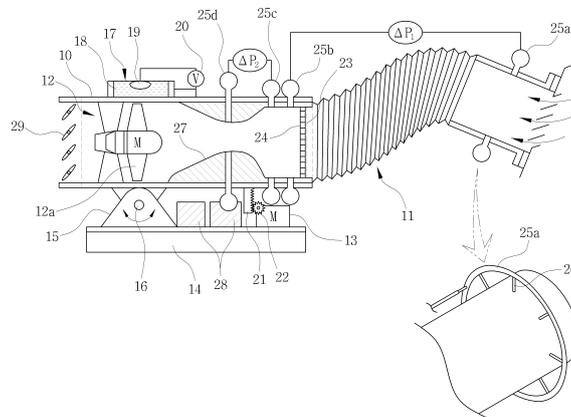
(54) 자연환기덕트의 풍량측정장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 자연환기덕트의 풍량측정장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 자연환기덕트 끝단에 플렉시블 튜브를 연결하고, 플렉시블 튜브 끝단에 스크린부재 및 하니콤부재를 설치하여 유동을 균일하게 유지할 수 있고, 덕트 내부에 노즐 앞쪽과 목부의 압력차를 이용하여 풍량을 측정하되, 링튜브를 이용하여 여러점을 측정하므로 평균값의 측정이 가능하고, 수준계, 구동모터 및 기어수단을 이용하여 덕트의 수평을 조절하여 저속영역에서 측정 정확도를 향상시킬 수 있도록 한 자연환기덕트의 풍량측정장치 및 방법에 관한 것이다.

이를 위해, 본 발명은 하단부가 고정단에 힌지결합되고, 내부에 공기가 흐름가능하도록 양단에 유입구 및 배출구가 형성된 자연환기덕트와; 상기 덕트 내부에 부착되고, 공기의 통과단면적이 좁아지도록 중앙부가 돌출형성된 노즐과; 상기 노즐의 중앙부 및 앞쪽에 압력측정을 위해 원주방향으로 설치된 제3 및 제4링튜브와; 상기 링튜브에서 측정된 압력의 차이를 계산하기 위한 차압센서와; 상기 노즐의 후방에 설치되어 공기를 흡입하는 흡입팬과; 상기 덕트의 수평을 조절하기 위해 덕트에 부착된 수준계 및 수평조절수단;을 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 자연환기덕트의 풍량측정장치 및 방법을 제공한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

자연환기덕트의 풍량측정장치에 있어서,

하단부가 고정단(14)에 힌지결합되고, 내부에 공기가 흐름가능하도록 양단에 유입구 및 배출구가 형성된 자연환기덕트(10)와;

상기 덕트(10) 내부에 부착되고, 공기의 통과단면적이 좁아지도록 중앙부가 돌출형성된 노즐(27)과;

상기 노즐(27)의 중앙부 및 앞쪽에 압력측정을 위해 원주방향으로 설치된 제3 및 제4링튜브(25c, 25d)와;

상기 링튜브에서 측정된 압력의 차이를 계산하기 위한 차압센서(28)와;

상기 노즐(27)의 후방에 설치되어 공기를 흡입하는 흡입팬(12)과;

상기 덕트(10)의 수평을 조절하기 위해 덕트(10)에 부착된 수준계(17) 및 수평조절수단;

을 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 자연환기덕트의 풍량측정장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

입구부를 통해 공기가 유입되고, 타단부가 상기 덕트(10)의 전단부에 부착된 플렉시블 튜브(11)와;

상기 플렉시블 튜브(11)의 입구부 및 타단부에 압력측정을 위해 원주방향으로 설치된 제1 및 제2링튜브(25a, 25b);

를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 자연환기덕트의 풍량측정장치.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 덕트(10)의 전단부 또는 플렉시블 튜브(11)의 후단에 설치되되 내부에 다수의 메시공이 형성된 스크린부재(23)와, 상기 스크린 부재의 후방에 설치되고 내부에 다수의 육각공이 형성된 하니콤부재(24)를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 자연환기덕트의 풍량측정장치.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 제1 내지 제4링튜브는 원주방향으로 형성된 몸체와, 상기 몸체에서 반경방향으로 다수의 연결튜브(26)가 형성되고, 상기 압력측정은 연결튜브(26)에서 다수방향의 압력을 측정하여 평균한 값인 것을 특징으로 하는 자연환기덕트의 풍량측정장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 흡입팬(12)의 후방에는 저속영역에서 상기 덕트(10) 내부를 흐르는 공기의 양을 조절하기 위해 덕트(10)의 단면상에 다수의 회전축이 평행하게 설치되고 회전축을 중심으로 양측으로 부착된 날개와, 상기 회전날개의 개폐량을 조절해주는 회전날개조절수단으로 구성된 셔터(29)가 설치된 것을 특징으로 하는 자연환기덕트의 풍량측정장치.

청구항 6

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 수준계(17)는 내부에 전해질 액체(18)가 충전되어 있고, 덕트(10)가 수평상태인지를 판단가능하도록 공기방울(19)이 상부에 형성되며, 상기 수준계(17)의 중앙부에 전극이 배치되고, 전류계(20)가 상기 전극 및 수준계

(17)에 전기적으로 연결된 것을 특징으로 하는 자연환기덕트의 풍량측정장치.

청구항 7

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 수평조절수단은 덕트(10)의 전단부가 상하방향으로 회전가능하도록 상기 덕트(10)의 하부에 부착된 랙기어(21)와, 상기 랙기어(21)와 맞물리어 상기 랙기어(21)를 상하방향으로 움직여주는 피니언(22)과, 상기 피니언(22)과 연결되어 상기 피니언(22)을 구동시켜주는 구동모터(13)를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 자연환기덕트의 풍량측정장치.

청구항 8

청구항 2의 장치를 이용한 풍량측정방법에 있어서,

상기 플렉시블 튜브(11)의 입구부 및 타단부에 설치된 제1 및 제2링튜브(25a, 25b)를 통해 압력(P1, P2)을 측정하는 단계와;

차압센서(28)에 의해 상기 단계에서 측정된 P1 및 P2의 압력차이를 계산하는 단계와;

상기 압력차이가 0에 가까운 지를 판단하고, 상기 압력차이가 0에 가까울 때까지 흡입팬(12)을 구동하여 유량을 조절하는 단계와;

수준계(17)를 통해 전압 V를 측정하는 단계와;

상기 수준계(17)를 이용하여 덕트(10)의 수평을 유지하는 단계와;

상기 단계에서 덕트(10)가 수평상태인 경우에 노즐(27) 앞쪽 및 중앙부에 설치된 제3 및 제4링튜브(25c, 25d)를 통해 압력(P3, P4)을 측정하여 P3 및 P4의 압력차를 계산하는 단계와;

상기 계산된 압력차를 다음 식을 이용하여 유속(v) 및 풍량(Q)을 측정하는 단계;

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 자연환기덕트의 풍량측정방법.

$$v = \alpha \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}, \quad Q = (\text{단면적}) \times (\text{유속}), \quad \text{상기 } \alpha \text{ 는 베르누이방정식에서 계산하여 적용하기 위한 교정계수이고, } \rho \text{ 는 공기밀도이다.}$$

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 압력차이가 0에 가까운 지를 판단하고, 상기 압력차이가 0에 가까울 때까지 흡입팬(12)을 구동하되, 저속(1~2m/sec)에서는 셔터(29)의 개구율을 축소하여 유량을 조절하는 것을 특징으로 하는 자연환기덕트의 풍량측정방법.

청구항 10

청구항 8 또는 청구항 9에 있어서,

상기 수평유지단계는 내부에 전해질 액체(18)가 충전되어 있고, 덕트(10)가 수평상태인지를 판단가능하도록 공기방울(19)이 상부에 형성된 수준계(17)와, 상기 수준계(17)에 설치된 전류계(20)와, 상기 덕트(10)의 전단부가 상하방향으로 회전가능하도록 상기 덕트(10)의 하부에 부착된 랙기어(21)와, 상기 랙기어(21)와 맞물리어 상기 랙기어(21)를 상하방향으로 움직여주는 피니언(22)과, 상기 피니언(22)과 연결되어 상기 피니언(22)을 구동시켜주는 구동모터(13)를 이용하여 상기 수준계(17)의 공기방울(19)이 중앙부에 위치할 때까지 구동모터(13)를 구동시키는 것을 특징으로 하는 자연환기덕트의 풍량측정장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <17> 본 발명은 자연환기덕트의 풍량측정장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 자연환기덕트 끝단에 플렉시블 튜브를 연결하고, 플렉시블 튜브 끝단에 스크린부재 및 하니콤부재를 설치하여 유동을 균일하게 유지할 수 있고, 덕트 내부에 노즐 앞쪽과 목부의 압력차를 이용하여 풍량을 측정하되, 링튜브를 이용하여 여러점을 측정하므로 평균값의 측정이 가능하고, 수준계, 구동모터 및 기어수단을 이용하여 덕트의 수평을 조절하여 저속영역에서 측정 정확도를 향상시킬 수 있도록 한 자연환기덕트의 풍량측정장치 및 방법에 관한 것이다.
- <18> 일반적으로 송풍기 또는 덕트의 풍량 측정은 피토정압관이나 풍속계를 사용한다. 이 때 측정기를 덕트속에 삽입하여 공기의 흐름방향에 직각이 되도록 한다.
- <19> 그러나, 상하·좌우의 위치 변동 없이 측정공마다 1분 이상 유지하는 것은 어렵고, 덕트내에 측정기의 센서부분을 삽입하였을 때 어느 방향 또는 어느 위치에 있는지를 육안으로 확인할 수 없기 때문에 측정기를 정위치에 유지하기는 어려우므로, 측정값의 정밀도가 저하된다.
- <20> 특히, 도 4에 도시한 바와 같이 극저속 유동으로 압력측정 노즐부(100)에서 형성된 백압(back pressure)이 전달되어 압력손실을 발생하는 문제가 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <21> 본 발명은 상기와 같은 점을 감안하여 안출한 것으로서, 자연환기덕트 끝단에 설치된 플렉시블 튜브와, 플렉시블 튜브 끝단에 장착된 스크린부재 및 하니콤부재를 포함하여 유동을 균일하게 유지한 다음, 덕트 내부에 노즐 앞쪽과 목부의 압력차를 이용하여 풍량을 측정하되, 링튜브를 이용하여 여러점을 측정하므로 평균값의 측정이 가능하고, 수준계, 구동모터 및 기어수단을 이용하여 덕트의 수평을 조절하여 저속영역에서 측정 정확도를 향상시킬 수 있도록 한 자연환기덕트의 풍량측정장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

- <22> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 자연환기덕트의 풍량측정장치에 있어서,
- <23> 하단부가 고정단에 힌지결합되고, 내부에 공기가 흐름가능하도록 양단에 유입구 및 배출구가 형성된 자연환기덕트와; 상기 덕트 내부에 부착되고, 공기의 통과단면적이 좁아지도록 중앙부가 돌출형성된 노즐과; 상기 노즐의 중앙부 및 앞쪽에 압력측정을 위해 원주방향으로 설치된 제3 및 제4링튜브와; 상기 링튜브에서 측정된 압력의 차이를 계산하기 위한 차압센서와; 상기 노즐의 후방에 설치되어 공기를 흡입하는 흡입팬과; 상기 덕트의 수평을 조절하기 위해 덕트에 부착된 수준계 및 수평조절수단;을 포함하여 구성된 것을 특징으로 한다.
- <24> 바람직한 구현예로서, 입구부를 통해 공기가 유입되고, 타단부가 상기 덕트의 전단부에 부착된 플렉시블 튜브와; 상기 플렉시블 튜브의 입구부 및 타단부에 압력측정을 위해 원주방향으로 설치된 제1 및 제2링튜브;를 포함하여 구성된 것을 특징으로 한다.
- <25> 더욱 바람직한 구현예로서, 상기 덕트의 전단부 또는 플렉시블 튜브의 후단에 설치되되 내부에 다수의 메시공이 형성된 스크린부재와, 상기 스크린 부재의 후방에 설치되고 내부에 다수의 육각공이 형성된 하니콤부재를 포함하여 구성된 것을 특징으로 한다.
- <26> 또한, 상기 제1 내지 제4링튜브는 원주방향으로 형성된 몸체와, 상기 몸체에서 반경방향으로 다수의 연결튜브가 형성되고, 상기 압력측정은 연결튜브에서 다수방향의 압력을 측정하여 평균한 값인 것을 특징으로 한다.
- <27> 또한, 상기 흡입팬의 후방에는 저속영역에서 상기 덕트 내부를 흐르는 공기의 양을 조절하기 위해 덕트의 단면에 다수의 회전축이 평행하게 설치되고 회전축을 중심으로 양측으로 부착된 날개와, 상기 회전날개의 개폐량을 조절해주는 회전날개조절수단으로 구성된 서터가 설치된 것을 특징으로 한다.
- <28> 또한, 상기 수준계는 내부에 전해질 액체가 충전되어 있고, 덕트가 수평상태인지를 판단가능하도록 공기방울이 상부에 형성되며, 상기 수준계의 중앙부에 전극이 배치되고, 전류계가 상기 전극 및 수준계에 전기적으로 연결된 것을 특징으로 한다.
- <29> 또한, 상기 수평조절수단은 덕트의 전단부가 상하방향으로 회전가능하도록 상기 덕트의 하부에 부착된

랙기어와, 상기 랙기어와 맞물리어 상기 랙기어를 상하방향으로 움직여주는 피니언과, 상기 피니언과 연결되어 상기 피니언을 구동시켜주는 구동모터를 포함하여 구성된 것을 특징으로 한다.

<30> 또한, 상기 플렉시블 튜브의 입구부 및 타단부에 설치된 제1 및 제2링튜브를 통해 압력(P1,P2)을 측정하는 단계와; 차압센서에 의해 상기 단계에서 측정된 P1 및 P2의 압력차이를 계산하는 단계와; 상기 압력차이가 0에 가까운 지를 판단하고, 상기 압력차이가 0에 가까울 때까지 흡입팬을 구동하여 유량을 조절하는 단계와; 수준계를 통해 전압 V를 측정하는 단계와; 상기 수준계를 이용하여 덕트의 수평을 유지하는 단계와; 상기 단계에서 덕트가 수평상태인 경우에 노즐 앞쪽 및 중앙부가 설치된 제3 및 제4링튜브를 통해 압력(P3,P4)을 측정하여 P3 및 P4의 압력차를 계산하는 단계와; 상기 계산된 압력차를 다음 식을 이용하여 유속(v) 및 풍량(Q)을 측정하는 단계;를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

$$v = \alpha \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

<31> , Q=(단면적)×(유속), 상기 α는 베르누이방정식에서 계산하여 적용하기 위한 교정계수이고, ρ는 공기밀도이다.

<32> 또한, 상기 압력차이가 0에 가까운 지를 판단하고, 상기 압력차이가 0에 가까울 때까지 흡입팬을 구동하되, 저속(1~2m/sec)에서는 서터의 개구율을 축소하여 유량을 조절하는 것을 특징으로 한다.

<33> 또한, 상기 수평유지단계는 내부에 전해질 액체가 충전되어 있고, 덕트가 수평상태인지를 판단가능하도록 공기방울이 상부에 형성된 수준계와, 상기 수준계에 설치된 전류계와, 상기 덕트의 전단부가 상하방향으로 회전가능하도록 상기 덕트의 하부에 부착된 랙기어와, 상기 랙기어와 맞물리어 상기 랙기어를 상하방향으로 움직여주는 피니언과, 상기 피니언과 연결되어 상기 피니언을 구동시켜주는 구동모터를 이용하여 상기 수준계의 공기방울이 중앙부에 위치할 때까지 구동모터를 구동시키는 것을 특징으로 한다.

<34> 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부도면을 참조로 상세하게 설명한다.

<35> 첨부한 도 1은 본 발명에 따른 풍량측정장치의 일실시예를 나타내는 구성도이다.

<36> 본 발명은 덕트(10)내의 풍량을 보다 정확하게 측정할 수 있도록 한 점에 주안점이 있다.

<37> 본 발명은 자연환기덕트(10)와, 자연환기덕트(10)의 끝단에 설치되어 공기를 흡입하는 플렉시블 튜브(11)와, 자연환기 덕트(10)의 내부에 설치된 흡입팬(12) 및 자연환기덕트(10)의 하부에 설치되어 덕트를 수평방향으로 유지시켜주는 수평유지수단 및 구동모터(13)를 포함하여 구성된다.

<38> 상기 자연환기덕트(10)(이하, 덕트라고함)는 내부에 공기가 흐를 수 있는 공간이 형성되고, 덕트(10)의 일측 하단부는 고정단(14)에 설치된 브라켓(15)과 힌지핀(16)에 의해 결합되어 덕트(10)의 전단부가 상하방향으로 회전 가능하다.

<39> 상기 덕트(10)의 상부에는 길이방향으로 수준계(17)가 설치되고, 이 수준계(17)에는 전해질 액체(18)가 충전되어 덕트(10)가 수평을 유지하지 못할 경우에 수준계(17)의 상부에 형성된 공기방울(19)이 일측방향으로 치우쳐서 이것을 보고 수평을 유지할 수 있다.

<40> 상기 수준계(17)의 중앙 상부에는 전극이 부착되고, 전극과 수준계(17)의 일측단에 전류계(20)가 전기적으로 연결되어 있다.

<41> 또한, 상기 브라켓과 일정한 간격으로 고정단(14)에 구동모터(13)가 설치되고, 덕트(10)의 하부에는 덕트(10)의 수평을 유지하기 위해 수직방향으로 랙기어(21)가 부착되고, 랙기어(21)와 맞물리며 구동모터(13)의 회전력에 의해 회전되는 피니언(22)이 설치되어 있다.

<42> 이때, 상기 피니언(22)은 구동모터 축에 설치되어 있다.

<43> 상기 덕트(10)의 전단에는 플렉시블 튜브(11)가 설치되고, 플렉시블 튜브(11)는 내부에는 일정한 양의 공기가 흐르고 방향을 자유자재로 움직일 수 있는 튜브몸체와, 튜브몸체의 전단에는 공기가 유입되는 방향을 유지할 수 있도록 일정부분 단단한 재질로 둘러싸여진 입구부로 구성된다.

<44> 상기 플렉시블 튜브(11)의 후단에는 내부에 복수의 메시(mesh)공이 형성된 스크린(screen)부재(23)와, 상기 스크린 부재의 후방에 설치되고 그 내부에 복수의 육각공이 형성된 하니콤(honeycomb)부재를 포함하여 구성된다. 이때, 상기 스크린부재(23) 및 하니콤부재(24)는 공기 흐름에 수직인 방향으로 설치된다.

- <45> 또한, 상기 플렉시블 튜브(11)의 전단 및 후단에는 압력 측정을 위해 정압측정용 제1 및 제2링튜브(25a, 25b)가 설치되고, 제1 및 제2링튜브(25a, 25b)는 유동의 방향성을 제거하기 위해 튜브 입구부에 형성된 8개의 관통홀을 통해 연결튜브(26)가 연결되어 있다.
- <46> 상기 연결튜브(26)를 통해 측정된 8개의 측정값을 평균해서 평균압력(P1, P2)을 측정하게 된다.
- <47> 상기 덕트(10)의 내부에는 노즐(27)이 설치되어 있고, 이 노즐(27)은 덕트(10) 중간의 내벽면 상부와 하부에 각각 부착되며, 노즐(27)의 중간부가 서로 마주보면서 안쪽방향으로 돌출되어 공기가 통과하는 단면적의 노즐(27)의 앞쪽에서 넓다가 중간으로 갈수록 좁아지고 뒤쪽으로 가면서 다시 넓어지게 된다.
- <48> 이때, 상기 노즐(27)의 앞쪽과 중간부에 각각 제3 및 제4링튜브(25c, 25d)가 설치되고, 이를 이용하여 P3 및 P4를 측정하고, 상기 플렉시블 튜브(11)에서의 압력차(P1-P2) 및 노즐(27)에서의 압력차(P3-P4)를 구하기 위해 고정단(14)에 차압센서(28)가 설치되어 있다.
- <49> 상기 노즐(27)의 후방으로는 공기를 빨아들이는 흡입팬(12)이 설치되고, 흡입팬(12)은 중심축을 중심으로 다수의 블레이드(12a)가 반경방향으로 설치되어 공기의 흐름을 원활하게 한다.
- <50> 상기 흡입팬(12)은 중심축을 회전시켜주는 팬모터와, 팬모터를 상하부에서 지지해주는 지지대를 포함하여 구성된다.
- <51> 또한, 상기 흡입팬(12)의 후방에는 저속구간에서 흡입팬(12)의 회전수 조절만으로 공기의 유량 조절이 어려우므로 이를 개선하기 위해 서터(29)가 설치되고, 서터(29)는 공기가 흐르는 단면상에 다수의 회전축이 평행하게 설치되고 회전축을 중심으로 양측으로 부착된 날개와, 상기 회전축을 회전시켜 날개를 모터 등으로 조절해주는 회전날개조절수단을 포함하여 구성된다.
- <52> 이와 같은 구성에 의한 본 발명에 따른 자연환기덕트(10)의 풍량측정장치의 작동상태 및 풍량측정방법을 설명하면 다음과 같다.
- <53> 도 2a 및 도 2b는 본 발명에 따른 수준계의 작동상태를 나타내는 상태도이고, 도 3은 본 발명에 따른 풍량측정방법을 나타내는 순서도이다.
- <54> 먼저 플렉시블 튜브(11)의 입구부를 통해 공기가 유입되고, 플렉시블 튜브(11)의 내부로 유입된 공기가 스크린부재(23)의 메시공 및 하니콤부재(24)의 육각공을 통과하면서 유동이 균일해 지게 된다.
- <55> 여기서, 상기 플렉시블 튜브(11)의 입구부에 설치된 제1링튜브(25a)를 이용하여 평균압력 P1을 측정하고, 플렉시블 튜브(11)의 후단에 설치된 제2링튜브(25b)를 이용하여 평균압력 P2를 측정한다.
- <56> 또한, 상기 차압센서(28)를 이용하여 플렉시블 튜브(11)의 전후 압력차(P1-P2=ΔP1)를 계산한다.
- <57> 축류형 흡입팬(12)을 회전시켜서 ΔP1이 제로(ZERO)가 될 때까지 유동을 발생시킨다.
- <58> 한편, 극히 낮은 유속 1~2 m/s에서는 흡입팬(12)의 회전수 조절만으로는 유량조절이 어려우므로 서터(29)의 개도율을 조절하면서 유량을 조절한다.
- <59> 이후, 공기의 유동이 안정화 되면 수준계(17)를 이용하여 덕트(10)의 수평을 조절한다. 즉, 공기방울(19)이 전극(중앙)위치에 모여서 전류계(20)의 전압(V)이 제로(0)에 가까워질 때까지 구동모터(13)를 구동시킨다.
- <60> 상기 구동모터(13)가 구동되면서 피니언(22)이 회전하게 되어 랙기어(21)가 상하방향으로 이동하게 되고, 랙기어(21)가 덕트(10)의 전단부를 상하방향으로 이동시켜주므로 덕트(10)의 수평을 유지할 수 있다.
- <61> 상기 덕트(10)의 수평 및 덕트(10) 내부의 유량이 안정화된 이후에 노즐(27)의 앞쪽 및 노즐(27) 목(중앙부)의 압력(P3, P4)을 측정하고 차압센서(28)를 이용하여 ΔP2(=P3-P4)을 계산한다.
- <62> 상기 노즐(27)에서의 압력차를 이용하여 다음 수학적식으로 덕트(10) 내부의 유속(v)를 구할 수 있다.

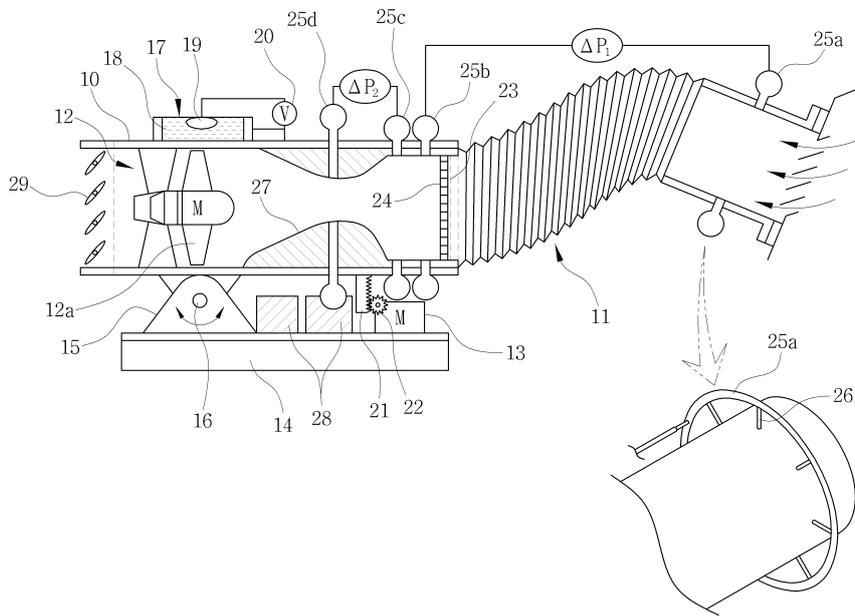
수학식 1

$$v = \alpha \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

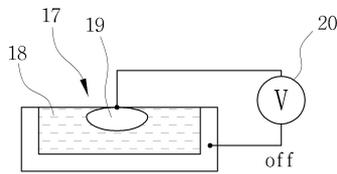
<63>

도면

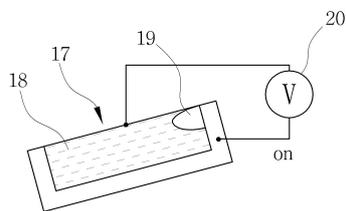
도면1



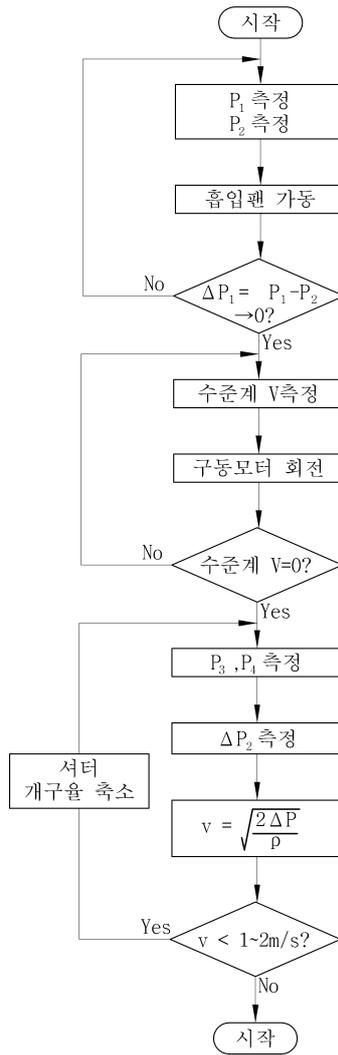
도면2a



도면2b



도면3



도면4

