



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0066090
(43) 공개일자 2017년06월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01K 11/24 (2006.01) *F02C 7/00* (2006.01)

F23R 3/00 (2006.01) *G01K 13/00* (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01K 11/24 (2013.01)

F02C 7/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0172675

(22) 출원일자 2015년12월04일

심사청구일자 2015년12월04일

(71) 출원인

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

(72) 발명자

이민철

인천광역시 연수구 컨벤시아대로274번길 15, 230
3동 2904호 (송도동, 송도더샵마스터뷰)

(74) 대리인

특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 8 항

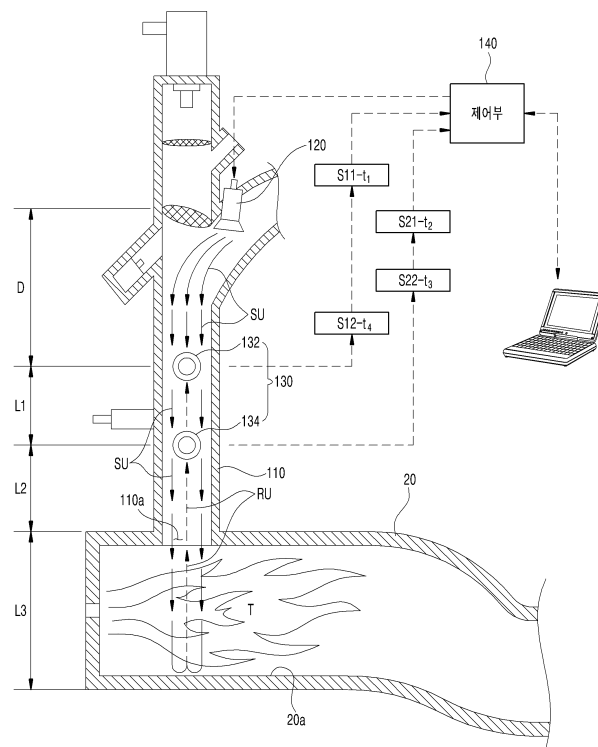
(54) 발명의 명칭 **초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치**

(57) 요약

초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치가 개시된다. 본 발명에 따른 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치는, 일단부에 개구부가 마련되어 가스터빈용 연소기 내측 공간과 연통되고, 타단부는 외측으로 돌출형성되어 이루어지는 연소진단튜브; 상기 연소진단튜브 타단부에 구비되어 상기 연소진단튜브를 통해 상기 연소기 쪽으

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



로 송신초음파를 발생시키는 초음파송신기; 상기 연소진단튜브 내부에서 구비되어, 상기 송신초음파를 수신하여 제1 수신신호를 생성하고, 상기 송신초음파 중 상기 연소기 내측 반사면에 의해 되돌아오는 반사파를 수신하여 제2 수신신호를 생성하는 초음파수신기; 및 상기 초음파송신기 및 상기 초음파수신기와 연결되어 제어하고, 상기 제1,2 수신신호 및 상기 초음파수신기와 상기 반사면 간의 이격거리(L)에 기초하여 상기 연소기 내의 화염 온도(T)를 측정하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 의하면, 연소기 내의 화염 쪽을 직접 지향하여 송신초음파를 송출하는 하나의 초음파송신기와, 송신초음파 및 연소기 내의 화염을 가로질러 통과한 반사파를 각각 수신하는 최대 2개의 초음파수신기를 활용하는 알고리즘을 통해 연소기 내의 화염 온도를 보다 직접적으로 측정할 수 있게 됨에 따라 온도 측정의 정밀성 내지 정확성을 증대할 수 있다.

(52) CPC특허분류

F23R 3/00 (2013.01)

G01K 13/00 (2013.01)

F05D 2240/35 (2013.01)

F05D 2260/80 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

일단부에 개구부가 마련되어 가스터빈용 연소기 내측 공간과 연통되고, 타단부는 외측으로 돌출형성되어 이루어지는 연소진단튜브;

상기 연소진단튜브 타단부에 구비되어 상기 연소진단튜브를 통해 상기 연소기 쪽으로 송신초음파를 발생시키는 초음파송신기;

상기 연소진단튜브 내부에 구비되어, 상기 송신초음파를 수신하여 제1 수신신호를 생성하고, 상기 송신초음파 중 상기 연소기 내측 반사면에 의해 되돌아오는 반사파를 수신하여 제2 수신신호를 생성하는 초음파수신기; 및

상기 초음파송신기 및 상기 초음파수신기와 연결되어 제어하고, 상기 제1,2 수신신호 및 상기 초음파수신기와 상기 반사면 간의 이격거리(L)에 기초하여 상기 연소기 내의 화염 온도(T)를 측정하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제1,2 수신신호에 기초하여 상기 송신초음파 수신 후 상기 반사파 수신까지의 지연시간 Δt 를 산출하고,

속도식 $C_{flame} = 2L / \Delta t$ 에 의해 상기 연소기 내에서의 초음파의 속도(C_{flame})를 산출한 후,

초음파 속도와 온도와의 관계식인 $C_{flame} = \sqrt{\gamma \cdot R \cdot T}$ 에 의해 상기 화염 온도(T)를 산출하는 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 초음파수신기는,

상기 연소진단튜브 내부의 제1 초음파수신기와, 상기 연소기 쪽으로 이격구비되는 제2 초음파수신기로 이루어져 상기 송신초음파를 각각 순차 수신하여 제1-1 수신신호 및 제2-1 수신신호를 생성하고, 상기 송신초음파 중 상기 연소기 내측 반사면에 의해 되돌아오는 상기 반사파를 각각 순차 수신하여 제2-2 수신신호 및 제1-2 수신신호를 생성하며,

상기 제어부는,

상기 제1-1 수신신호, 제2-1 수신신호, 제2-2 수신신호 및 제1-2 수신신호와, 상기 제1,2 초음파수신기 간의 이격거리(L1), 상기 제2 초음파수신기와 상기 개구부 간의 이격거리(L2) 및 상기 개구부와 상기 연소기의 반사면 간의 이격거리(L3)에 기초하여 상기 연소기 내의 상기 화염 온도(T)를 측정하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제1-1, 2-1 수신신호에 기초하여 지연시간 Δt_1 을, 상기 제2-1, 2-2 수신신호에 기초하여 지연시간 Δt_2 를, 상기 제2-2, 1-2 수신신호에 기초하여 지연시간 Δt_3 을 각각 산출하고,

속도식 $C_1 = L_1 / \Delta t_1$ 에 의해 상기 송신초음파의 속도(C_1)를, 속도식 $C_{\text{flame}} = 2(L_2 + L_3) / \Delta t_2$ 에 의해 상기 연소기 내에서의 초음파의 속도(C_{flame})를, 속도식 $C_2 = L_1 / \Delta t_3$ 에 의해 상기 반사파의 속도(C_2)를 각각 산출한 후,

초음파 속도와 온도와의 관계식인 $C_{\text{flame}} = \sqrt{\gamma \cdot R \cdot T}$ 에 의해 상기 화염 온도(T)를 산출하는 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 화염 온도(T)의 정확성을 증대하기 위해,

상기 제2 초음파수신기에서 상기 개구부에 이르는 이격거리(L_2)에 대한 상기 송신초음파의 지연시간 Δt_4 를, 상기 송신초음파의 속도(C_1)를 기초로 산출하고,

상기 개구부에서 상기 제2 초음파수신기에 이르는 이격거리(L_2)에 대한 상기 반사파의 지연시간 Δt_5 를, 상기 반사파의 속도(C_2)를 기초로 산출한 후,

속도식 $C_{\text{flame}} = 2L_3 / (\Delta t_2 - \Delta t_4 - \Delta t_5)$ 에 의해 상기 연소기 내에서의 초음파의 속도(C_{flame})를 산출하는 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제어부에 의해 산출된 상기 지연시간 Δt_3 와, 상기 송신초음파의 속도(C_1)를 기초로 속도식 $C_1 = L_1 / \Delta t_3'$ 에 의해 산출되는 $\Delta t_3'$ 가 소정범위 이상의 차이가 있게 되면, 계측오류신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어부는,

산출된 상기 화염 온도(T)가 1300℃ 이하인 경우, 일산화탄소(CO) 발생 위험신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치.

청구항 8

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어부는,

산출된 상기 화염 온도(T)가 1600℃ 이상인 경우, 질소산화물(NO_x) 발생 위험신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 가스터빈 연소기 내부에서의 연소 상태, 특히 화염 온도의 변화를 초음파를 이용하여 측정하여 온도에 따른 적절한 제어가 이루어질 수 있는 가스터빈 연소상태진단장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0001]

- [0002] 가스터빈 발전시스템은, 노즐에서 분사되어 연소되는 연료의 화염 상태에 관한 정밀한 모니터링을 통해 가스터빈 연소기 내의 불안정한 연소로 인한 연소기의 소손사고 등을 효과적으로 방지함은 물론, 연소 효율을 증대하는 방향으로 지속적인 개발이 이루어지고 있다.
- [0003] 그 중 연료의 화염 상태를 감지 내지 제어하기 위해 가스터빈 연소기 측에 동압 센서를 장착하여 동압의 크기 및 주파수를 분석하게 되며, 소정범위 이상의 동압 신호가 감지되면, 그 초과 변화량의 크기에 따라 적절한 경보 조치가 단계별로 이루어지도록 하고 있다.
- [0004] 하지만, 연소 상태의 불안정을 일으키는 외적 요소들로는 연료품질 불균형, 운전자 오작동, 대기 온습도 변화, 설비의 노화 등 다양한 원인이 있을 수 있어, 연소 동압을 감시하는 것만으로 연소 상태의 불안정을 정확하게 진단하기는 어려운 관계로, 동압 센서를 통한 연소 상태 감시와 함께 다양한 센서가 가스터빈 연소상태진단장치에 부가되어 활용되고 있다.
- [0005] 아울러 석탄가스화 복합발전(Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC) 기술이 부각됨에 따라, 연소를 위해 합성가스가 가스터빈 발전시스템에 공급되게 되는데, 이 경우 전단압력의 섭동이 생겨 연소의 불안정을 야기하고 있어 정확한 연소 진단의 필요성이 더욱 커지고 있다.
- [0006] 더불어, 최근에는 Biogas, DME(Dimethyl Ether), SNG(Synthetic Natural Gas) 등 다양한 발전 연료 및 신 재생 에너지를 가스터빈 발전시스템에 적용하고 있으며, 각각의 연료의 특성에 따라 연소 현상이 크게 달라지므로 이에 부합하는 정밀한 연소 진단이 필요하다.
- [0007] 특히, 배기가스 중 NO_x 와 CO와 같은 유해물질의 함량은 연소기 내의 화염 온도에 따라 달라지는 특성이 있기 때문에 연소기 내 화염 온도의 정밀한 측정은, 연료의 불완전 연소 여부를 판별하는 기준으로서 중요한 의미를 갖는다.
- [0008] 이러한 연장선상의 선행기술 중에 미국공개특허 제2008-0243352호는 터빈, 제너레이터 및 주변 환경의 서로 다른 성능-관련 변수를 측정하도록 설계된 여러 개의 센서로 이루어지는 가스 터빈에 의해 연소 상태가 모니터링 될 수 있음을 설명하고 있다. 여기서 잉여 온도 센서의 그룹들은, 가스 터빈 주위의 주변 온도, 압축기 배출 온도, 터빈 배기가스 온도, 및 가스 터빈을 통과하는 가스 스트림의 온도 측정치를 각각 모니터링하고, 가스 터빈을 통과하는 가스 스트림의 압력을 측정하기 위한 잉여 압력 센서의 그룹들은, 서로 다른 위치 즉, 압축기 유입구 및 유출구와 터빈 배기에서의 정적 및 동적 압력 레벨을 각각 모니터링하게 된다. 또한, 잉여 습도 센서, 예를 들어 습구 및 건구 온도계의 그룹은, 압축기의 유입 덕트에서 주변 습도를 측정하고, 잉여 센서의 그룹들은, 가스 터빈의 작동에 관한 다양한 파라미터를 감지하는 유동 센서, 속도 센서, 화염 검출기 센서, 밸브 위치 센서, 가이드 날개 각도 센서, 등을 또한 포함하게 된다.
- [0009] 그리고 선행기술 중 미국등록특허 제7853433호는 동압 센서들, 가속도계들, 고온 마이크로폰(microphone)들, 광 센서들 및/또는 이온 센서들과 같은 센서들로, 연소 상태들을 나타내는 연소기 열음향 발전들의 샘플링 및 후속적인 웨이블릿(wavelet) 분석에 의해 연소 이상들을 검출하고 분류하는 기술을 실시하고 있다.
- [0010] 미국공개특허 제2012-0150413호는 가스 터빈 배기 시스템에서 음향 고온 측정(acoustic pyrometry)을 이용하여 엔진의 연소기들 중 하나 또는 그보다 많은 연소기 내의 업스트림(upstream) 벌크 온도를 결정하는 기술을 설명하고 있다.
- [0011] 이러한 선행기술들은 공통 센서들과 공통 제어기를 공유하여, 연소 도중 광범위하게 발생할 수 있는 연소기 고장들이나 결합들의 전조나 징후들을 검출하기 위한 통합된 가스 터빈 모니터링 및 제어 시스템에 대한 기술들을 제시하고 있다.
- [0012] 그러나 연소기 내의 화염 온도 측정과 관련하여 실제 연소기 내의 화염 온도를 직접 산출하는 것이 아니라 연소기 하우징의 외측에 음향 고온 측정장치 등의 센서를 다수 개 장착하여 화염 온도를 산출하는 간접적인 방식이어서 화염 온도 측정의 정확성이 저하될 뿐만 아니라 센서가 복잡하게 장착됨에 따라 설치나 유지 관리가 어려운 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0013] (특허문헌 0001) 미국공개특허 제2008-0243352호(공개일: 2008.10.02)

(특허문헌 0002) 미국등록특허 제7853433호(공고일: 2010.12.14)

(특허문헌 0003) 미국공개특허 제2012-0150413호(공개일: 2012.06.14)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명의 목적은, 연료의 불완전 연소 여부의 판단 기준으로서 중요한 의미가 있는 연소기 내의 화염 온도를 종래 기술들과 달리 직접측정 방식으로 산출함으로써 더욱 정확한 화염 온도 측정이 이루어질 수 있고, 부품 수나 구조를 단순화하여 설치나 유지 관리의 용이성을 도모할 수 있는 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기 목적은, 일단부는 개구부가 마련되어 가스터빈용 연소기 내측 공간과 연통되고, 타단부는 외측으로 돌출형성되어 이루어지는 연소진단튜브; 상기 연소진단튜브 타단부에 구비되어 상기 연소진단튜브를 통해 상기 연소기 쪽으로 송신초음파를 발생시키는 초음파송신기; 상기 연소진단튜브 내부에 구비되어, 상기 송신초음파를 수신하여 제1 수신신호를 생성하고, 상기 송신초음파 중 상기 연소기 내측 반사면에 의해 되돌아오는 반사파를 수신하여 제2 수신신호를 생성하는 초음파수신기; 및 상기 초음파송신기 및 상기 초음파수신기와 연결되어 제어하고, 상기 제1,2 수신신호 및 상기 초음파수신기와 상기 반사면 간의 이격거리(L)에 기초하여 상기 연소기 내의 화염 온도(T)를 측정하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치에 의해 달성된다.

[0016] 상기 제어부는, 상기 제1,2 수신신호에 기초하여 상기 송신초음파 수신 후 상기 반사파 수신까지의 지연시간 Δt 를 산출하고, 속도식 $C_{flame} = 2L / \Delta t$ 에 의해 상기 연소기 내에서의 초음파의 속도(C_{flame})를 산출한 후, 초음

파 속도와 온도와의 관계식인 $C_{flame} = \sqrt{\gamma \cdot R \cdot T}$ 에 의해 상기 화염 온도(T)를 산출할 수 있다.

[0017] 상기 초음파수신기는, 상기 연소진단튜브 내부의 제1 초음파수신기와, 상기 연소기 쪽으로 이격구비되는 제2 초음파수신기로 이루어져 상기 송신초음파를 각각 순차 수신하여 제1-1 수신신호 및 제2-1 수신신호를 생성하고, 상기 송신초음파 중 상기 연소기 내측 반사면에 의해 되돌아오는 상기 반사파를 각각 순차 수신하여 제2-2 수신신호 및 제1-2 수신신호를 생성하며, 상기 제어부는, 상기 제1-1 수신신호, 제2-1 수신신호, 2-2 수신신호 및 제1-2 수신신호와, 상기 제1,2 초음파수신기 간의 이격거리(L1), 상기 제2 초음파수신기와 상기 개구부 간의 이격거리(L2) 및 상기 개구부와 상기 연소기의 반사면 간의 이격거리(L3)에 기초하여 상기 연소기 내의 상기 화염 온도(T)를 측정하는 제어부를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 제어부는, 상기 제1-1,2-1 수신신호에 기초하여 지연시간 Δt_1 을, 상기 제2-1, 2-2 수신신호에 기초하여 지연시간 Δt_2 를, 상기 제2-2,1-2 수신신호에 기초하여 지연시간 Δt_3 을 각각 산출하고, 속도식 $C_1 = L_1 / \Delta t_1$ 에 의해 상기 송신초음파의 속도(C_1)를, 속도식 $C_{flame} = 2(L_2+L_3) / \Delta t_2$ 에 의해 상기 연소기 내에서의 초음파의 속도(C_{flame})를, 속도식 $C_2 = L_1 / \Delta t_3$ 에 의해 상기 반사파의 속도(C_2)를 각각 산출한 후, 초음파 속도와 온도와의

관계식인 $C_{flame} = \sqrt{\gamma \cdot R \cdot T}$ 에 의해 상기 화염 온도(T)를 산출할 수 있다.

[0019] 상기 제어부는, 상기 화염 온도(T)의 정확성을 증대하기 위해, 상기 제2 초음파수신기에서 상기 개구부에 이르는 이격거리(L2)에 대한 상기 송신초음파의 지연시간 Δt_4 를, 상기 송신초음파의 속도(C_1)를 기초로 산출하고, 상기 개구부에서 상기 제2 초음파수신기에 이르는 이격거리(L2)에 대한 상기 반사파의 지연시간 Δt_5 를, 상기 반사파의 속도(C_2)를 기초로 산출한 후, 속도식 $C_{flame} = 2L_3 / (\Delta t_2 - \Delta t_4 - \Delta t_5)$ 에 의해 상기 연소기 내에서의 초음파의 속도(C_{flame})를 산출할 수 있다.

[0020] 상기 제어부는, 상기 제어부에 의해 산출된 상기 지연시간 Δt_3 와, 상기 송신초음파의 속도(C_1)를 기초로 속도식

$C_1 = L_1 / \Delta t_3'$ 에 의해 산출되는 $\Delta t_3'$ 가 소정범위 이상의 차이가 있게 되면, 계측오류신호를 생성할 수 있다.

[0021] 상기 제어부는, 산출된 상기 화염 온도(T)가 1300℃ 이하인 경우, 일산화탄소(CO) 발생 위험신호를 생성할 수 있다.

[0022] 상기 제어부는, 산출된 상기 화염 온도(T)가 1600℃ 이상인 경우, 질소산화물(NO_x) 발생 위험신호를 생성할 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명에 의하면, 연소기 내의 화염 쪽을 직접 지향하여 송신초음파를 송출하는 하나의 초음파송신기와, 송신 초음파 및 연소기 내의 화염을 가로질러 통과한 반사파를 각각 수신하는 최대 2개의 초음파수신기를 활용하는 알고리즘을 통해 연소기 내의 화염 온도를 보다 직접적으로 측정할 수 있게 됨에 따라 온도 측정의 정밀성 내지 정확성을 증대할 수 있는 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치를 제공할 수 있게 된다.

[0024] 이렇게 정밀하고 정확하게 측정된 화염 온도 및 연소 온도에 따른 연료(신연료 포함)별 유해물질 배출특성 그래프에 기초하여, 연료의 불완전 연소 여부를 실시간으로 정확하게 판단하고 대처할 수 있게 됨에 따라 연료의 연소 효율성을 향상시킬 수 있으며, 유해 배기가스의 저감 등을 이룰 수 있게 된다.

[0025] 또한, 종래와 달리 화염 온도 측정을 위한 장치의 부품 수나 구조를 단순화함으로써 설치나 유지 관리의 용이성을 도모할 수 있고, 고비용이 소요되는 연소기에 대한 별도의 구조변경이나 교체 없이 기장착된 연소진단튜브에 용이하게 추가되어 적용될 수 있는 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치를 제공할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명에 따른 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치가 적용되는 가스터빈의 전체를 도시한 사시도이다.

도 2는 도 1에 표시된 영역을 확대하여 본 발명의 제1 실시예에 따른 연소상태진단장치의 작동을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 도 1에 표시된 영역을 확대하여 본 발명의 제2 실시예에 따른 연소상태진단장치의 작동을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 도 3의 작동에 따른 수신신호와 이격거리 간의 관계를 도시하는 도면이다.

도 5는 가스터빈용 연소기 내의 화염 온도에 따른 CO 배출특성을 나타내는 그래프이다.

도 6은 가스터빈용 연소기 내의 화염 온도에 따른 NO_x 배출특성을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세하게 설명하면 다음과 같다. 다만, 본 발명을 설명함에 있어서, 이미 공지된 기능 혹은 구성에 대한 설명은, 본 발명의 요지를 명료하게 하기 위하여 생략하기로 한다.

[0028] 도 1은 본 발명에 따른 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치가 적용되는 가스터빈의 전체를 도시한 사시도이고, 도 2는 도 1에 표시된 영역을 확대하여 본 발명의 제1 실시예에 따른 연소상태진단장치의 작동을 설명하기 위한 도면이고, 도 3은 도 1에 표시된 영역을 확대하여 본 발명의 제2 실시예에 따른 연소상태진단장치의 작동을 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 도 3의 작동에 따른 수신신호와 이격거리 간의 관계를 도시하는 도면이고, 도 5는 가스터빈용 연소기 내의 화염 온도에 따른 CO 배출특성을 나타내는 그래프이고, 도 6은 가스터빈용 연소기 내의 화염 온도에 따른 NO_x 배출특성을 나타내는 그래프이다.

[0029] 본 발명의 설명에 앞서 먼저, 가스터빈(10)에 대하여 간략하게 살펴보면, 도 1에 도시된 바와 같이, 압축기(12), 연소기(20), 터빈(14) 및 배기구(16) 등을 포함하여 구성되며, 가스터빈(10)의 작동은, 압축기(12)를 통해 압축된 공기가 연소기(20)로 유입되어 분사된 연료와 함께 연소되고, 이때, 발생된 고온 고압의 가스가 빠르게 유동하며 터빈(14)을 회전시킨 후 배기구(16)를 통해 배기가스가 외부로 배출되는 방식으로 이루어지게 된다.

- [0030] 이러한 가스터빈(10)에 장착되어 사용되는 본 발명에 따른 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치(100)는, 가스터빈용 연소기(20) 내의 화염 상태를 진단하기 위해 연소기(20) 일측에 구비된다.
- [0031] 가스터빈 연소상태진단장치(100)에는, 본 발명에서 다루는 화염 온도 측정장치 외에도 다양한 진단장치, 즉 연소기(20) 내 압력을 측정하는 압력센서(동압 센서, 마이크로폰 등)나 연소진단튜브(110) 쪽으로 전파되는 화염의 자발광 신호에서 라디칼 신호를 수신하는 장치 등이 추가적으로 장착될 수 있다.
- [0032] 본 발명에 따른 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치(100)는, 가스터빈의 연소기(20) 내 화염 온도(T)를 정밀하고 정확하게 측정하기 위해 대략 연소진단튜브(110), 초음파송신기(120), 초음파수신기(130) 및 제어부(140) 등을 포함하여 구성된다.
- [0033] 이하에서는 상술한 연소상태진단장치(100)의 각 구성에 대하여 구체적으로 살펴보기로 한다.
- [0034] 연소진단튜브(110)는, 상술한 바와 같은 진단장치들이 장착되는 공간이 마련된 구성요소로서, 길게 형성된 파이프 형상으로 이루어지되 일단부에 개구부(110b)가 마련되어 연소기(20) 내측 공간과 연통되고, 타단부는 외측으로 돌출형성되어 이루어지게 된다.
- [0035] 이렇게 연소진단튜브(110)가 연소기(20)로부터 외측으로 길게 돌출형성된 파이프형상으로 제작됨으로써, 여기에 장착된 진단장치들은 연소기(20)에서 발생하는 고온·고압의 화염에도 불구하고 안정적으로 구동될 수 있으며, 연료 연소시 발생하는 자발광 신호나 음향파 신호와 같은 화염 상태 기초정보 및 후술할 반사파(RU)가 연소진단튜브(110) 내측으로 원활하게 유입될 수 있다.
- [0036] 본 발명의 제1,2 실시예에 따른 연소진단튜브(110)는, 그 길이방향이 후술할 연소기의 반사면(20a)과 직각을 이루도록 형성하게 되며, 이는 연소진단튜브(110) 내에 장착된 초음파송신기(120)에서 송출된 송신초음파(SU)가 연소기의 반사면(20a)을 통해 180° 반사된 후 반사파(RU)의 형태로 연소진단튜브(110) 내측을 향해 원활하게 전파될 수 있도록 하기 위함이다. 이때, 연소기 반사면(20a)이란, 연소기(20)의 내측면 중에서 송신초음파(SU)의 반사가 이루어지는 면을 특정한 것으로, 반사를 위한 특별한 처리가 이루어진 면을 의미하는 것은 아니다.
- [0037] 한편, 도면에 도시하지 않았지만, 연소진단튜브(110)와 연소기(20)가 연결되는 부분에는 정비용 밸브(미도시)가 장착될 수 있는데, 이는 연소상태진단장치(100)의 정비나 교환이 필요할 경우, 정비용 밸브를 잠근 후 연소상태진단장치(100)를 연소기(20)로부터 안전하게 분리할 수 있도록 하기 위함이다.
- [0038] 초음파송신기(120)는, 가청주파수보다 큰 20kHz 이상의 주파수를 발생시키는 장치로서, 연소진단튜브(110) 타단부(도면상 상단부 쪽)에 구비되되, 연소진단튜브(110)를 통해 연소기(20) 쪽으로 송신초음파(SU)를 송출할 수 있도록 초음파송신기(120)의 방향은 연소기의 반사면(20a)을 지향하도록 설치하게 된다.
- [0039] 이로 인해 초음파송신기(120)에서 송출된 송신초음파(SU)는 연소진단튜브(110) 내측 공간을 따라 전파되다가 일부는 후술할 초음파수신기(130)에 의해 수신되고 나머지는 연소기(20) 내의 화염을 가로질러 전파된 후 연소기의 반사면(20a)에 의해 되돌아오는 반사파(RU)의 형태로 다시 연소진단튜브(110) 내측 공간으로 전파되게 된다.
- [0040] 이러한 초음파송신기(120)의 구체적 구조 내지 구성 및 초음파 발생원리는, 이미 공지된 기술이므로 구체적인 설명은 생략하지만, 이하에서 설명되는 내용의 이해를 위해, 공기 중에서의 초음파 속도(C, 음파)는, 일반적으로 $C = 331.6 + 0.6 * t(^{\circ}\text{C})$ 의 관계식으로 표현될 수 있고, 온도($t(^{\circ}\text{C})$)와 비례관계를 이루므로 초음파 속도(C)를 알게 되면 역으로 온도($t(^{\circ}\text{C})$)를 개략적으로 판단할 수 있다는 정도만 언급하기로 한다.
- [0041] 본 발명의 제1,2 실시예에 따른 초음파송신기(120)는, 대략 30kHz ~ 100kHz 대역의 송신초음파(SU)를 발생시키는 초음파송신기(120)를 이용하되, 연소기(20)에서 연소되는 연료의 종류, 가스터빈(10)의 종류나 방식 및 연소 환경에 따라 주파수 대역을 임의로 선택할 수 있다. 다만, 연소환경에 비교적 영향을 적게 받고 우수한 분석능(分析能)을 갖는 고주파수 대역의 초음파가 연소기(20) 내 화염 온도(T) 측정에 사용되도록 하는 것이 바람직하다.
- [0042] 한편, 본 발명의 제1,2 실시예에 따른 초음파송신기(120)는, 도 2 및 도 3에서 도시한 바와 같이 연소진단튜브(110)의 측면 쪽으로 살짝 치우치게 설치된다.
- [0043] 이는 다른 진단장치들 즉, 압력센서나 자발광 신호 수신장치 등과의 간섭을 회피하기 위한 것으로, 초음파송신기(120)가 연소진단튜브(110)의 측면 쪽으로 살짝 치우치게 설치되더라도 초음파송신기(120)에서 송출되는 송신초음파(SU)는 연소진단튜브(110)를 따라 전파되면서 직진성을 갖게 되므로 화염 온도(T) 측정에 큰 영향을 미치지 않게 된다.

- [0044] 다만, 초음파송신기(120)는 다른 진단장치들과의 간섭이 없는 한도 내에서 연소진단튜브(110)의 중앙 쪽에 설치하여 연소기의 반사면(20a)과 직접 마주하도록 함으로써, 송신초음파(SU)가 반사되어 이루어지는 반사파(RU)가 연소진단튜브(110) 쪽으로 원활하게 전파되도록 하는 것이 더욱 정확한 화염 온도(T) 측정을 위해 바람직하다.
- [0045] 이러한 초음파송신기(120)는, 연소상태진단장치(100)가 소정시간마다 실시간으로 화염 온도(T)를 측정할 수 있도록 하기 위해 후술할 제어부(140)를 통해 소정간격을 두고 송신초음파(SU)를 발생시키게 된다.
- [0046] 초음파수신기(130)는, 초음파를 수신하여 수신신호 즉, 펄스파(또는 아날로그파) 형태의 전기적 신호(S)와 수신한 때의 시각정보(t)를 함께 생성하는 장치로서, 연소진단튜브(110) 내부에 설치되되, 초음파수신기(130)와 연소기(20) 쪽으로 소정거리를 두고 설치하게 된다.
- [0047] 본 발명에 따른 초음파수신기(130)는, 초음파송신기(120) 쪽과 연소기의 반사면(20a) 쪽 모두를 지향하여 각각 송신초음파(SU)와 반사파(RU)를 모두 수신할 수 있도록 양방향 수신기 형태로 제작된다. 이러한 초음파수신기(130)의 기본적인 구조 내지 구성 및 수신신호 발생원리 등은, 이미 공지된 기술이므로 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0048] 본 발명의 제1 실시예에 따른 초음파수신기(130)는, 도 2에 도시된 바와 같이 연소진단튜브(110) 내부에 1개가 구비되어, 송신초음파(SU)를 수신하여 제1 수신신호($S1-t_1$)를 생성하고, 송신초음파(SU) 중 연소기 내측 반사면(20a)에 의해 되돌아오는 반사파(RU)를 수신하여 제2 수신신호($S1-t_2$)를 생성하게 된다.
- [0049] 즉, 초음파송신기(120)에서 송출된 송신초음파(SU)를 해당 방향을 지향하고 있는 일면의 수신기를 통해 수신하여 펄스파 형태의 전기적 신호($S1$)와 그때의 시각정보(t_1)를 생성하고, 연소기의 반사면(20a) 쪽에서 전파되어 되돌아오는 반사파(RU)를 해당 방향을 지향하고 있는 타면의 수신기를 통해 수신하여 펄스파 형태의 전기적 신호($S1$)와 그때의 시각정보(t_2)를 생성하게 되는 것이다.
- [0050] 한편, 본 발명의 제2 실시예에 따른 초음파수신기(130)는, 도 3에 도시된 바와 같이 연소진단튜브(110) 내부에서 길이방향을 따라 이격된 상태로 2개가 구비되며, 초음파송신기(120)와 인접한 제1 초음파수신기(132)와, 연소기(20) 쪽에 인접한 제2 초음파수신기(134)로 이루어진다. 이때, 제1,2 초음파수신기(132,134) 각각은, 초음파송신기(120) 쪽과 연소기의 반사면(20a) 쪽을 모두 지향하는 양방향 수신기 형태로 제작되는 상술한 바와 같다.
- [0051] 이러한 제1 초음파수신기(132)와 제2 초음파수신기(134)는, 초음파송신기(120)로부터 송출된 송신초음파(SU)를 각각 순차 수신하여 제1-1 수신신호($S11-t_1$)(제1 초음파수신기(132)) 및 제2-1 수신신호($S21-t_2$)(제2 초음파수신기(134))를 생성하게 되며, 송신초음파(SU) 중 연소기 내측 반사면(20a)에 의해 되돌아오는 반사파(RU)를 각각 순차 수신하여 제2-2 수신신호($S22-t_3$)(제2 초음파수신기(134)) 및 제1-2 수신신호($S12-t_4$)(제1 초음파수신기(132))를 생성하게 된다.
- [0052] 제어부(140)는, 상술한 초음파송신기(120) 및 초음파수신기(130)뿐만 아니라 이외의 다양한 진단장치들과 서로 전기적으로 연결되어 이들로부터 생성된 신호 내지 정보를 전송받고, 이들을 제어하기 위한 제어신호를 송출하며, 필요에 따라서 전송받은 신호 내지 정보를 저장하거나 화면으로 표시하는 구성요소에 해당한다.
- [0053] 이러한 제어부(140)는 연소기(20)에서 발생하는 고온·고압에 의한 영향을 받지 않고 안정적으로 작동될 수 있게 연소기(20)와 이격된 일측에 설치되되, MCU(micro controller unit), 마이컴(microcomputer) 등과 같은 소형 또는 상용 컴퓨터 등으로 구현된다.
- [0054] MCU, 마이컴과 같은 컴퓨터 장치, 즉 제어부(140)를 통한 초음파송신기(120) 및 초음파수신기(130) 등과 같은 진단장치들의 특정 목적(화염 온도 측정, 압력측정 등) 구현은, 기계어(machine language, 機械語) 등과 같은 프로그래밍 언어로 코딩됨으로써 이루어지게 된다. 진단장치의 제어를 위한 기계어 코딩과 관련된 부분은 당업자 수준에서 다양한 방식으로 이루어질 수 있는바, 이에 대한 구체적 설명은 생략한다.
- [0055] 다만, 본 발명의 기술적 핵심인 초음파를 이용한 화염 온도(T) 측정과 관련된 알고리즘이 제어부(140)를 통해 어떻게 수행되는지를 중심으로 이하에서 설명하기로 한다.
- [0056] 본 발명의 제1 실시예에 따른 제어부(140)의 경우, 초음파송신기(120) 및 초음파수신기(130)와 연결된 상태에서 제1,2 수신신호($S1-t_1, S1-t_2$) 및 초음파수신기(130)와 반사면(20a) 간의 이격거리(L)에 기초하여 연소기(20) 내

의 화염 온도(T)를 측정하게 된다.

[0057] 보다 구체적으로 도 2를 참조하여 설명하면 먼저, 제어부(140)가 초음파송신기(120)를 제어하여 소정시간 간격으로 송신초음파(SU)를 발생시키게 되면, 양방향 초음파수신기(130)는 송신초음파(SU) 및 반사파(RU)를 각각 수신하여 제1,2 수신신호(S1-t₁, S1-t₂)를 생성하게 된다.

[0058] 다음으로, 제1,2 수신신호(S1-t₁, S1-t₂)를 전송받은 제어부(140)는, 제1,2 수신신호(S1-t₁, S1-t₂)에 기초하여 송신초음파(SU) 수신 후 반사파(RU) 수신까지의 지연시간 $\Delta t(t_2 - t_1)$ 를 산출한 후, 속도식 $C_{flame} = 2L / \Delta t$ 에 의해 연소기(20) 내에서의 초음파의 속도(C_{flame})를 산출하게 된다.

[0059] 마지막으로, 제어부(140)는 산출된 초음파의 속도(C_{flame}) 값 및 상수(常數) 값인 γ 및 R 값을 초음파 속도와 온

도와의 관계식인 $C_{flame} = \sqrt{\gamma \cdot R \cdot T}$ 에 대입하여 화염 온도(T)를 산출하게 된다. 이때, γ 은 비열비(정적몰비열에 대한 정압몰비열의 비), R은 기체상수값, T는 화염온도(절대온도)를 의미하며, 비열비와 기체상수 값은 연소상태에 따라 각각 보정된 값을 갖는 상수(常數)로서, 데이터 베이스에 저장된 상태에서 제어부(140)에 입력되어 화염 온도(T) 연산에 이용된다.

[0060] 상술한 초음파 속도와 온도와의 관계식은, 이상기체방정식에서 유래한 실제 공기에 대한 기체방정식 및 파동방정식으로부터 유도되는 속도식을 정리하여 얻어진 것으로, 이미 알려진 식이므로 구체적인 유도과정 등에 대한 설명은 생략한다.

[0061] 이상에서 살펴본 제1 실시예에 따른 연소상태진단장치(100)는, 종래와 같이 연소기(20) 외측에 마련된 센서를 통해 간접적으로 화염 온도(T)를 측정하는 방식이 아니라 연소기(20) 내의 화염을 가로질러 전파되는 초음파를 이용하여 측정하는 방식이어서, 종래에 비해 연소기(20) 내부의 화염 온도(T)를 보다 정밀하고 정확하게 측정할 수 있는 것이다.

[0062] 또한, 초음파송신기(120) 1개와 양방향 초음파수신기(130) 1개만을 이용하여 연소기(20)의 화염온도를 측정할 수 있어 종래에 비해 부품 수가 비약적으로 감소됨은 물론, 단순한 구조로 구현됨에 따라 유지 관리의 용이성도 도모될 수 있고, 고비용이 소요되는 연소기(20)에 대한 별도의 구조변경이나 교체 없이도 기존에 운용중인 연소기(20) 및 연소진단튜브(110)에 용이하게 추가장착되어 적용될 수 있다.

[0063] 반면에, 본 발명의 제2 실시예에 따른 제어부(140)의 경우, 제1-1 수신신호(S11-t₁), 제2-1 수신신호(S21-t₂), 제2-2 수신신호(S22-t₃) 및 제1-2 수신신호(S12-t₄)와, 제1,2 초음파수신기(132,134) 간의 이격거리(L1), 제2 초음파수신기(134)와 개구부(110b) 간의 이격거리(L2) 및 개구부(110b)와 연소기의 반사면(20a) 간의 이격거리(L3)에 기초하여 연소기(20) 내의 화염 온도(T)를 측정하게 된다.

[0064] 보다 구체적으로, 도 3 및 도 4를 참조하여 설명하면, 먼저, 제어부(140)가 초음파송신기(120)를 제어하여 소정시간 간격으로 송신초음파(SU)를 발생시키게 되면, 양방향의 제1,2 초음파수신기(132,134)는 각각 양방향에서 송신초음파(SU) 및 반사파(RU)를 수신하여 순차적으로, 제1-1 수신신호(S11-t₁), 제2-1 수신신호(S21-t₂), 제2-2 수신신호(S22-t₃) 및 제1-2 수신신호(S12-t₄)를 생성하게 된다.

[0065] 다음으로, 상기의 4가지 수신신호를 순차적으로 전송받은 제어부(140)는, 제1-1,2-1 수신신호(S11-t₁, S21-t₂)에 기초하여 지연시간 $\Delta t_1(t_2 - t_1)$ 을, 제2-1, 2-2 수신신호(S21-t₂, S22-t₃)에 기초하여 지연시간 $\Delta t_2(t_3 - t_2)$ 를, 상기 제2-2,1-2 수신신호(S22-t₃, S12-t₄)에 기초하여 지연시간 $\Delta t_3(t_4 - t_3)$ 를 각각 산출한다. 그리고 속도식 $C_1 = L_1 / \Delta t_1$ 에 의해 송신초음파(SU)의 속도(C_1)를, 속도식 $C_{flame} = 2(L_2 + L_3) / \Delta t_2$ 에 의해 연소기(20) 내에서의 초음파의 속도(C_{flame})를, 속도식 $C_2 = L_1 / \Delta t_3$ 에 의해 상기 반사파(RU)의 속도(C_2)를 각각 산출하게 된다.

[0066] 마지막으로, 제어부(140)는 상수(常數)인 γ 값 및 R 값과 산출된 초음파의 속도 값(C_1, C_2, C_{flame}) 중에서 C_{flame} 값

만을 초음파 속도와 온도와의 관계식인 $C_{flame} = \sqrt{\gamma \cdot R \cdot T}$ 에 대입하여 화염 온도(T)를 산출할 수 있다. 다만, 이때의 화염 온도(T)는 $L_2 + L_3$ 구간에 걸쳐 전파 내지 반사되는 초음파의 평균속도에 기초한 것이므로, 순수한

연소기(20) 구간(L3)에서의 초음파 평균속도에 기초한 경우보다 정확도가 떨어질 수 있다.

- [0067] 여기서 γ 은 비열비(정적물비열에 대한 정압물비열의 비), R은 기체상수값, T는 화염온도(절대온도)를 의미하며, 비열비와 기체상수 값은 연소상태에 따라 각각 보정된 값을 갖는 상수(常數)로서, 데이터 베이스에 저장된 상태에서 제어부(140)에 입력되어 화염 온도(T) 연산에 이용됨은 제1 실시예와 같다.
- [0068] 이상에서 살펴본 제2 실시예에 따른 연소상태진단장치(100)는, 종래와 같이 연소기(20) 외측에 마련된 센서를 통해 간접적으로 화염 온도(T)를 측정하는 방식이 아니라 연소기(20) 내의 화염을 가로질러 전파되는 초음파를 이용하여 측정하는 방식이어서, 종래에 비해 연소기(20) 내부의 화염 온도(T)를 보다 정밀하고 정확하게 측정할 수 있음은 제1 실시예와 같다.
- [0069] 또한, 제1 실시예와 비교할 때, 양방향 초음파수신기(130)가 1개 더 추가된 형태이지만 종래에 비해 부품 수가 감소되고, 단순한 구조로 구현된 점은 마찬가지여서 유지 관리의 용이성은 물론, 고비용이 소요되는 연소기(20)에 대한 별도의 구조변경이나 교체 없이도 기존에 운용중인 연소기(20) 및 연소진단튜브(110)에 용이하게 추가 장착되어 적용될 수 있다.
- [0070] 한편, 제1 실시예와 비교시, 연소진단튜브(110)의 길이방향을 따라 양방향 초음파수신기(130)를 1개 더 추가하면서 개구부(110b)와 제2 초음파수신기(134) 간의 이격구간(L3)을 추가로 구획하는 형태로 제2 실시예를 구현한 이유는, 더욱 정확한 화염 온도(T)를 측정하고, 초음파의 회절, 간섭, 중첩이나 연소기(20) 내 물리적 요인에 따른 초음파수신기(130)의 계측오류 등을 시정하기 위함이다.
- [0071] 즉, 화염 온도(T) 측정의 정확성을 보다 증대하기 위해서, 제어부(140)는 이미 산출된 초음파의 속도 값인 C_{flame} 값뿐만 아니라 C_1 및 C_2 값 모두를 다음과 같이 활용하게 된다.
- [0072] 먼저, 제어부(140)는, 제2 초음파수신기(134)에서 개구부(110b)에 이르는 이격거리(L2)에 대한 송신초음파(SU)의 지연시간 Δt_4 를, L1 구간에서의 송신초음파(SU) 속도인 C_1 을 기초로 속도식 $\Delta t_4 = L2 / C_1$ 에 의해 산출하게 된다. 여기서 L1 구간의 속도 값인 C_1 값을 L2 구간의 속도 값으로 보아 속도식을 적용한 이유는, L1 구간과 L2 구간은 연소진단튜브(110) 상에서 서로 인접한 구간이고 온도차가 크지 않아서 전파속도의 연속성을 인정하여도 유의할 만한 수준의 오차가 발생하지 않기 때문이다.
- [0073] 다음으로, 제어부(140)는, 개구부(110b)에서 제2 초음파수신기(134)(130)에 이르는 이격거리(L2)에 대한 반사파(RU)의 지연시간 Δt_5 를, L1 구간에서의 반사파(RU) 속도인 C_2 를 기초로 속도식 $\Delta t_5 = L2 / C_2$ 에 의해 산출하게 된다. 여기에서도 L1 구간의 속도 값인 C_2 값을 L2 구간의 속도 값으로 보아 속도식을 적용한 이유는, L1 구간과 L2 구간은 연소진단튜브(110) 상에서 서로 인접한 구간이고 온도차가 크지 않아서 전파속도의 연속성을 인정하여도 유의할 만한 수준의 오차가 발생하지 않기 때문이다.
- [0074] 마지막으로, 제어부(140)는, 도 4에서처럼 속도식 $C_{flame} = 2L_3 / (\Delta t_2 - \Delta t_4 - \Delta t_5)$ 에 의해 순수한 연소기(20) 구간(L3) 내에서의 초음파 속도(C_{flame})를 산출한 후, 초음파 속도와 온도와의 관계식인 $C_{flame} = \sqrt{\gamma \cdot R \cdot T}$ 에 대입하여 앞선 경우보다 정확한 화염 온도(T)를 산출하게 된다.
- [0075] 한편, 초음파의 회절, 간섭, 중첩이나 연소기(20) 내 물리적 요인에 따른 초음파수신기(130)의 계측오류 등을 시정하기 위해서, 제어부(140)는, 반사파(RU)에 대한 수신신호인 제2-2 수신신호(S22-t₃) 및 제1-2 수신신호(S12-t₄)에 기초해 산출된 지연시간 Δt_3 ($C_2 = L_1 / \Delta t_3$ 에 의해 산출)와, 송신초음파(SU) 속도인 C_1 값을 기초로 한 속도식 $C_1 = L_1 / \Delta t_3'$ 에 의해 산출되는 지연시간 $\Delta t_3'$ 를 상호 비교하여 소정범위 이상의 차가 있게 되면, 계측오류신호를 생성하게 된다. 이때의 소정범위란, 사용자의 필요에 따라 적절하게 가감될 수 있는 것으로서 화염 온도(T) 측정의 정확성을 보다 추구하려면, 해당 범위를 좁게 설정함이 바람직하다.
- [0076] 한편, 상술한 방식으로 계측오류를 판단할 수 있는 이유는, 만일 초음파송신기(120)로부터 송출된 송신초음파(SU)가 전파되고 반사되는 과정에서 회절, 간섭이나 기타 물리적 요인에 따른 영향을 전혀 받지 않은 이상적인 경우라면, 같은 구간인 L1에서는 송신초음파(SU)의 속도(C_1)와 반사파(RU)의 속도(C_2)는 서로 동일하게 되어 L1 구간에서의 지연시간 $\Delta t_3'$ 와 Δt_3 도 동일하게 되지만, 이상적이지 않은 경우라면, L1 구간에서의 속도(C_1, C_2)

는 물론, 지연시간 $\Delta t_3'$ 와 Δt_3 는, 물리적 요인 등에 의한 영향이 커질수록 그 차이는 커지게 되고, 이는 결국 초음파 속도에 기초하여 산출되는 화염 온도(T)의 측정치를 신뢰할 수 없다는 결론으로 귀결되기 때문이다.

[0077] 따라서, 제어부(140)는 산출된 $\Delta t_3'$ 와 Δt_3 가 소정범위 이상의 차이가 있게 되면, 사용자 등에게 계속오류의 알림 등이 이루어지게 함과 동시에 새로운 화염 온도 측정을 위해 초음파송신기(120)를 통하여 송신초음파(SU)를 즉각 송출하도록 제어할 수 있다.

[0078] 또한, 도 5에 도시된 바와 같이 가스터빈용 연소기(20) 내의 화염 온도(T)가 1300℃ 이하에서 CO 배출이 증가하는 연소의 특성을 고려하여, 제어부(140)는 산출된 화염 온도(T)가 1300℃ 이하인 경우, 일산화탄소(CO) 발생위험신호를 생성하도록 구현될 수 있다.

[0079] 반면에, 도 6에 도시된 바와 같이 가스터빈용 연소기(20) 내의 화염 온도(T)가 1600℃ 이상에서 NO_x 배출이 증가하는 연소의 특성을 고려하여, 제어부(140)는 산출된 상기 화염 온도(T)가 1600℃ 이상인 경우, 질소산화물(NO_x) 발생위험신호를 생성하도록 구현될 수 있다.

[0080] 도 5 및 도 6에 제시되는 가스터빈(10) 연소 특성 그래프는 본 발명의 출원인이 International Journal of Hydrogen Energy에서 발표한 논문 내용 중 Fig 9 및 Fig 7 에 기초한 자료이다.

[0081] (<http://www.sciencedirect.com/science/journal/03603199> 참조)

[0082] 상술한 바와 같이 제어부(140)에 의해 생성된 발생위험신호는, 가스터빈(10)의 컨트롤 패널(미도시) 등에 전달되어 작업자에게 표시되도록 이루어질 수 있다.

[0083] 이렇게 본 발명에 따라 측정된 화염 온도(T) 및 연소 온도에 따른 연료별(신연료 즉, IGCC, Bio gas, DME(Dimethyl Ether), SNG(Synthetic Natural Gas) 등 포함) 유해물질 배출특성 그래프에 기초하여, 연료의 불완전 연소 여부를 실시간으로 정확하게 판단하고 대처할 수 있게 됨에 따라 연료의 연소 효율성을 향상시킬 수 있으며, 유해 배기가스의 저감 등을 이룰 수 있게 된다.

[0085] 앞에서, 본 발명의 특정한 실시예가 설명되고 도시되었지만 본 발명은 기재된 실시예에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양하게 수정 및 변형할 수 있음은 이 기술의 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 일이다. 따라서, 그러한 수정예 또는 변형예들은 본 발명의 기술적 사상이나 관점으로부터 개별적으로 이해되어서는 안 되며, 변형된 실시예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 하여야 할 것이다.

부호의 설명

[0086] SU: 송신초음파 RU: 반사파

S1-t₁: 제1 수신신호 S1-t₂: 제2 수신신호

S11-t₁: 제1-1 수신신호 S12-t₄: 제1-2 수신신호

S21-t₂: 제2-1 수신신호 S22-t₃: 제2-2 수신신호

10: 가스터빈 12: 압축기

14: 터빈날개 16: 배기구

20: 연소기 20a: 반사면

100: 본 발명에 따른 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치

110: 연소진단튜브 110a: 개구부

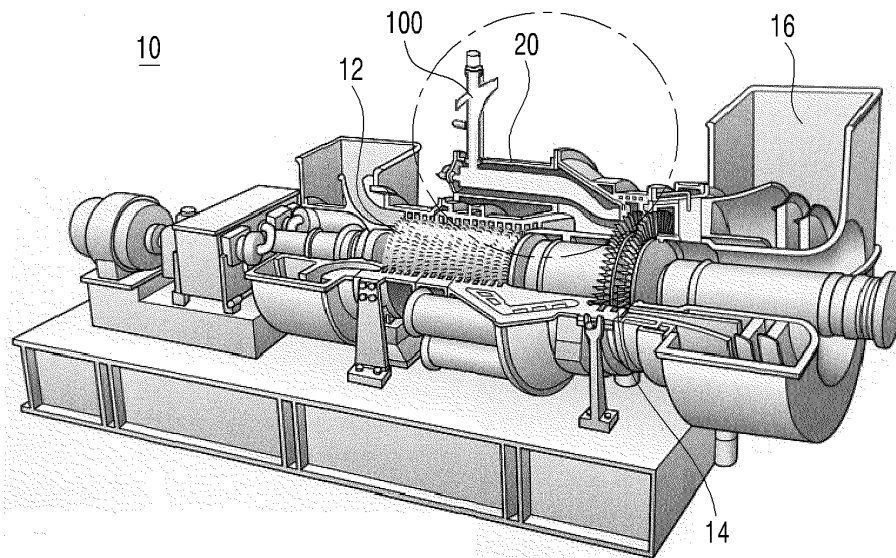
120: 초음파송신기 130: 초음파수신기

132: 제1 초음파수신기 134: 제2 초음파수신기

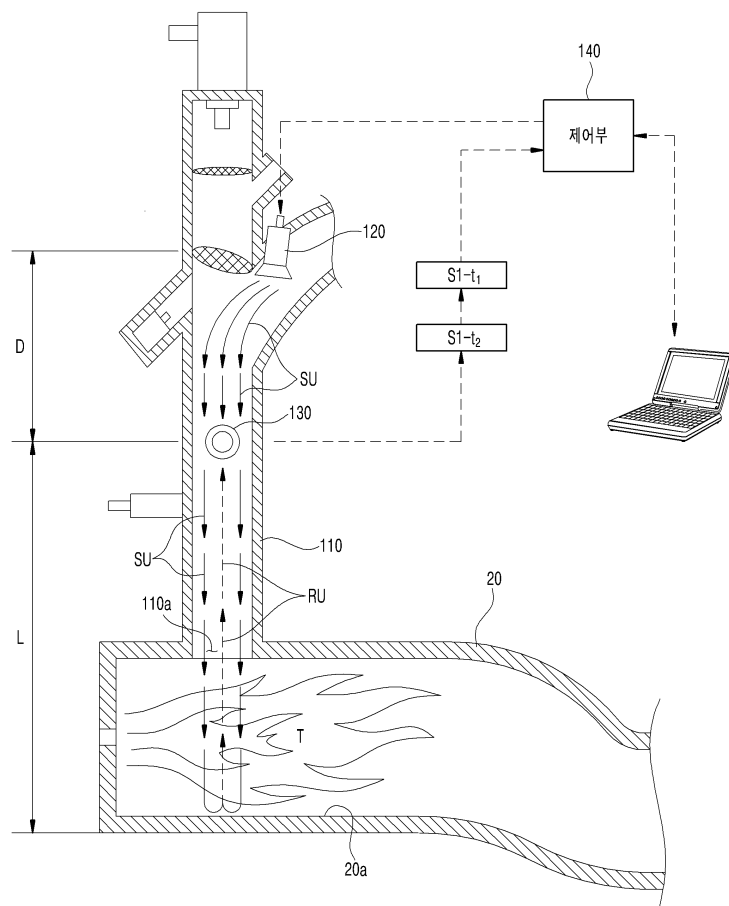
140: 제어부

도면

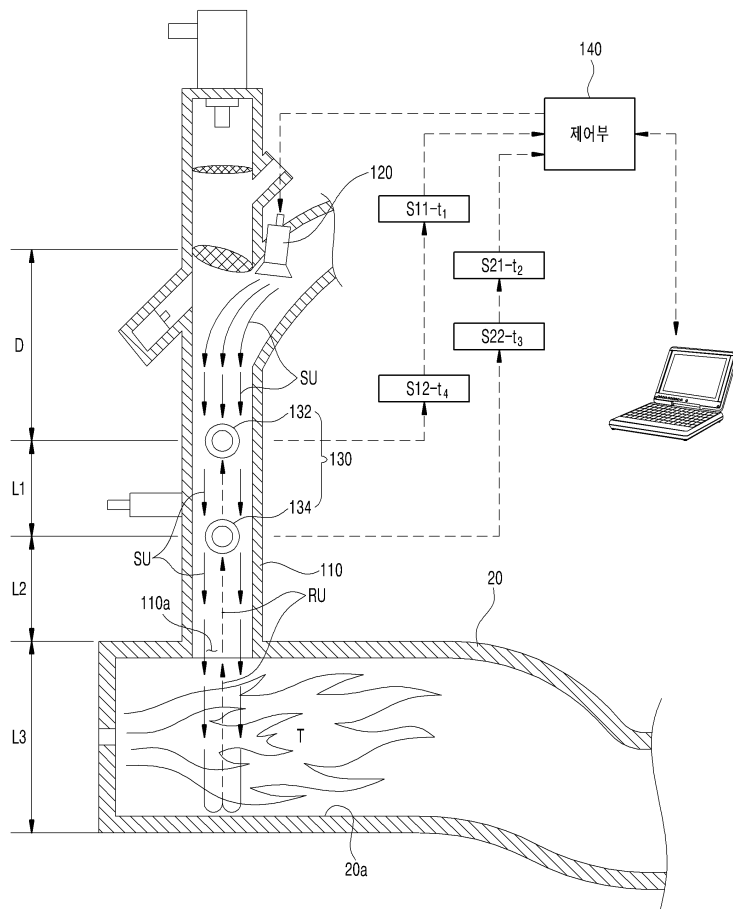
도면1



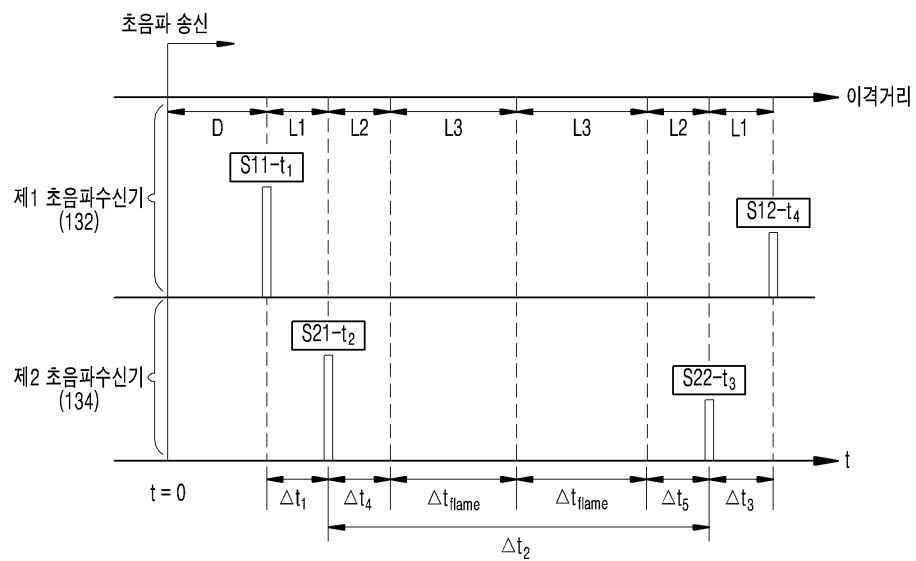
도면2



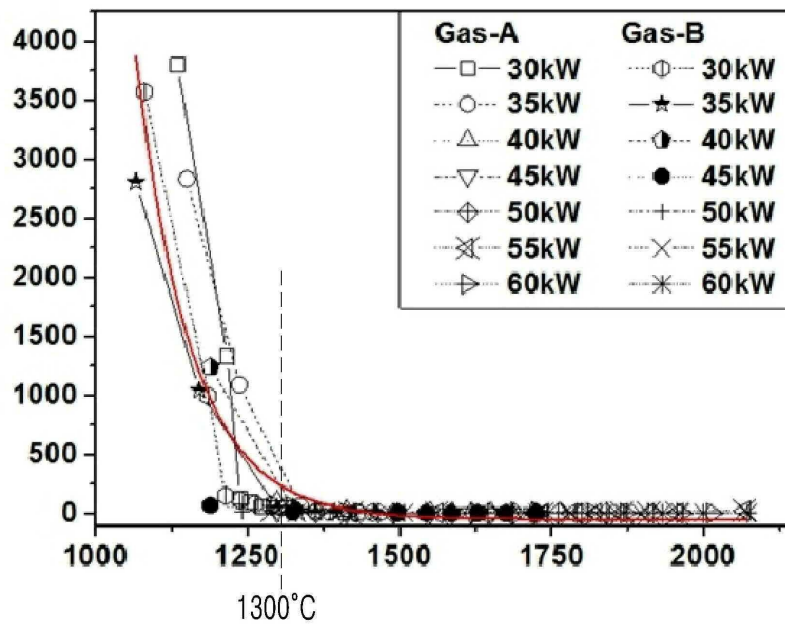
도면3



도면4



도면5



도면6

