



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년04월01일  
(11) 등록번호 10-2789952  
(24) 등록일자 2025년03월28일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F23R 3/36 (2006.01) F02C 7/22 (2006.01)  
F02C 9/40 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
F23R 3/36 (2013.01)  
F02C 7/22 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7021005
- (22) 출원일자(국제) 2021년12월28일  
심사청구일자 2023년06월21일
- (85) 번역문제출일자 2023년06월21일
- (65) 공개번호 10-2023-0112676
- (43) 공개일자 2023년07월27일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2021/048742
- (87) 국제공개번호 WO 2022/149540  
국제공개일자 2022년07월14일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2021-002117 2021년01월08일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP2011089761 A\*  
JP2011137390 A  
US20140000274 A1  
US20160161123 A1  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
미츠비시 파워 가부시키키가이샤  
일본 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 3초메 2-3
- (72) 발명자  
미야모토 겐지  
일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이 3초메 3-1 미츠비시 파워 가부시키키가이샤 내  
나카무라 소스케  
일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이 3초메 3-1 미츠비시 파워 가부시키키가이샤 내  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 황성만

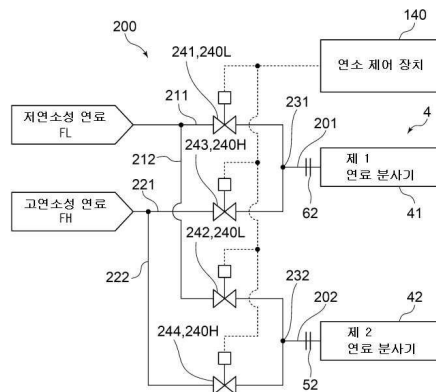
(54) 발명의 명칭 가스 터빈 연소기 및 가스 터빈

(57) 요약

적어도 일 실시형태와 관련되는 가스 터빈 연소기는, 제 1 연료 분사기 및 제 2 연료 분사기에 대한 저연소성 연료의 공급량을 서로 독립해서 조절하기 위한 저연소성 연료 유량 조절부와, 제 1 연료 분사기 및 제 2 연료 분사기에 대한, 저연소성 연료보다 연소 속도가 높은 고연소성 연료의 공급량을 서로 독립해서 조절하기 위한 고연소

(뒷면에 계속)

대표도 - 도5



성 연료 유량 조절부와, 가스 터빈의 운전 상태에 따라, 제 1 연료 분사기에 의해 분사되는 제 1 연료 전체에 대한 고연소성 연료의 제 1 비율, 및, 제 2 연료 분사기에 의해 분사되는 제 2 연료 전체에 대한 고연소성 연료의 제 2 비율의 상대비가 변화하도록 저연소성 연료 유량 조절부 및 고연소성 연료 유량 조절부를 제어하도록 구성된 컨트롤러를 포함한다.

(52) CPC특허분류

*F02C 9/40* (2013.01)

*F05D 2220/32* (2013.01)

*F05D 2240/35* (2013.01)

(72) 발명자

**에가와 다쿠**

일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이  
3쵸메 3-1 미즈비시 파워 가부시키키가이샤 내

**가와카미 도모**

일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이  
3쵸메 3-1 미즈비시 파워 가부시키키가이샤 내

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

제 1 연료 분사기와,

제 2 연료 분사기와,

상기 제 1 연료 분사기 및 상기 제 2 연료 분사기로부터 분사된 연료가 연소하는 연소부와,

상기 제 1 연료 분사기 및 상기 제 2 연료 분사기에 대한 저연소성 연료의 공급량을 서로 독립해서 조절하기 위한 저연소성 연료 유량 조절부와,

상기 제 1 연료 분사기 및 상기 제 2 연료 분사기에 대한, 상기 저연소성 연료보다 연소 속도가 높은 고연소성 연료의 공급량을 서로 독립해서 조절하기 위한 고연소성 연료 유량 조절부와,

가스 터빈의 운전 상태에 따라, 상기 제 1 연료 분사기에 의해 분사되는 제 1 연료 전체에 대한 상기 고연소성 연료의 제 1 비율, 및, 상기 제 2 연료 분사기에 의해 분사되는 제 2 연료 전체에 대한 상기 고연소성 연료의 제 2 비율의 상대비가 변화하도록 상기 저연소성 연료 유량 조절부 및 상기 고연소성 연료 유량 조절부를 제어하도록 구성된 컨트롤러

를 포함하고,

상기 저연소성 연료 유량 조절부는,

상기 제 1 연료 분사기에 대한 상기 저연소성 연료의 공급량을 조절하기 위한 제 1 저연소성 연료 유량 조절부와,

상기 제 2 연료 분사기에 대한 상기 저연소성 연료의 공급량을 조절하기 위한, 상기 제 1 저연소성 연료 유량 조절부와 상이한 제 2 저연소성 연료 유량 조절부

를 포함하고,

상기 고연소성 연료 유량 조절부는,

상기 제 1 연료 분사기에 대한 상기 고연소성 연료의 공급량을 조절하기 위한 제 1 고연소성 연료 유량 조절부와,

상기 제 2 연료 분사기에 대한 상기 고연소성 연료의 공급량을 조절하기 위한, 상기 제 1 고연소성 연료 유량 조절부와 상이한 제 2 고연소성 연료 유량 조절부

를 포함하는 가스 터빈 연소기.

#### 청구항 2

제 1 연료 분사기와,

제 2 연료 분사기와,

상기 제 1 연료 분사기 및 상기 제 2 연료 분사기로부터 분사된 연료가 연소하는 연소부와,

상기 제 1 연료 분사기 및 상기 제 2 연료 분사기에 대한 저연소성 연료의 공급량을 서로 독립해서 조절하기 위한 저연소성 연료 유량 조절부와,

상기 제 1 연료 분사기 및 상기 제 2 연료 분사기에 대한, 상기 저연소성 연료보다 연소 속도가 높은 고연소성 연료의 공급량을 서로 독립해서 조절하기 위한 고연소성 연료 유량 조절부와,

가스 터빈의 운전 상태에 따라, 상기 제 1 연료 분사기에 의해 분사되는 제 1 연료 전체에 대한 상기 고연소성 연료의 제 1 비율, 및, 상기 제 2 연료 분사기에 의해 분사되는 제 2 연료 전체에 대한 상기 고연소성 연료의 제 2 비율의 상대비가 변화하도록 상기 저연소성 연료 유량 조절부 및 상기 고연소성 연료 유량 조절부를 제어

하도록 구성된 컨트롤러

를 포함하고,

상기 제 1 연료 분사기 및 상기 제 2 연료 분사기는, 상기 운전 상태를 나타내는 지표가 제 1 값이 되는 경우에는, 상기 제 1 값이 되는 경우보다 상기 가스 터빈의 부하가 고부하가 되는 제 2 값이 되는 경우보다 상기 제 1 비율을 상기 제 2 비율로 나눈 값이 커지도록 상기 상대비가 설정되는

가스 터빈 연소기.

### 청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 지표가 상기 제 1 값이 되는 경우와 상기 제 2 값이 되는 경우에, 상기 제 1 비율 또는 상기 제 2 비율 중 적어도 어느 하나가 다르도록 상기 저연소성 연료 유량 조절부 및 상기 고연소성 연료 유량 조절부를 제어하도록 구성되는

가스 터빈 연소기.

### 청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 지표가 상기 제 1 값이 되는 경우보다 상기 제 2 값이 되는 경우가 상기 제 1 비율이 작아지도록 상기 저연소성 연료 유량 조절부 및 상기 고연소성 연료 유량 조절부를 제어하도록 구성되는

가스 터빈 연소기.

### 청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 지표가 상기 제 2 값이 되는 경우에 상기 제 2 비율이 상기 제 1 비율 이상이 되도록 상기 저연소성 연료 유량 조절부 및 상기 고연소성 연료 유량 조절부를 제어하도록 구성되는

가스 터빈 연소기.

### 청구항 6

청구항 2에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 지표가 상기 제 2 값이 되는 경우에 상기 제 2 비율이 0.5 이상이 되도록 상기 저연소성 연료 유량 조절부 및 상기 고연소성 연료 유량 조절부를 제어하도록 구성되는

가스 터빈 연소기.

### 청구항 7

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 연료 분사기는 예혼합 연소식의 연료 분사기이며,

상기 제 2 연료 분사기는 확산 연소식의 연료 분사기인

가스 터빈 연소기.

### 청구항 8

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 연료 분사기는 상기 제 2 연료 분사기의 주위에 복수 배치되는

가스 터빈 연소기.

**청구항 9**

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 연료 분사기는, 상기 제 2 연료 분사기와 동축에 배치되고, 상기 제 2 연료 분사기의 주위로부터 상기 제 1 연료를 분사하도록 구성되는

가스 터빈 연소기.

**청구항 10**

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 운전 상태를 나타내는 지표는 가스 터빈 입구 연소 가스 온도인

가스 터빈 연소기.

**청구항 11**

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 운전 상태를 나타내는 지표는 가스 터빈 입구 연소 가스 온도를 무차원화한 값인

가스 터빈 연소기.

**청구항 12**

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 운전 상태를 나타내는 지표는 상기 가스 터빈의 부하인

가스 터빈 연소기.

**청구항 13**

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 저연소성 연료는 천연 가스이며,

상기 고연소성 연료는 수소, 프로판, 또는 수소와 프로판의 혼합물 중 어느 하나인

가스 터빈 연소기.

**청구항 14**

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 기재된 가스 터빈 연소기를 포함하는

가스 터빈.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 개시는, 가스 터빈 연소기 및 가스 터빈에 관한 것이다. 본원은, 2021년 1월 8일에 일본 특허청에 출원된 일본 특허출원 2021-002117호에 기초해서 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 원용한다.

**배경 기술**

[0002] 예를 들면 발전 용도의 가스 터빈에서는, 주간이나 야간의 전력 수요의 변동에 대응하기 위해서, 운전 상태를 턴다운 운전으로 전환하는 경우가 있다. 턴다운 운전에서는, 터빈을 통과하는 연소 가스의 유량을 감소시켜서, 정격 운전시에 비해 낮은 출력으로 가스 터빈이 운전된다(예를 들면 특허문헌 1 참조).

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0003] (특허문헌 0001) 일본 특허공개 2011-137390호 공보

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0004] 가스 터빈을 턴다운 운전하는 것에 의해 출력을 저하시키면, 연소기에 있어서의 연소 온도가 저하해서, 그 결과 미연분인 일산화탄소나 탄화수소 등의 물질의 발생량의 증가나, 연소 진동의 발생을 불러 버린다. 그러나, 상술한 전력 수요의 변동에 유연에 대응하기 위해서, 턴다운 운전에서 출력 하한값을 작게 해서 가스 터빈의 운용대를 넓히는 것이 요구되고 있다.

[0005] 턴다운 운전에서 출력 하한값을 작게 하기 위해서는, 수소 등과 같은 연소 속도가 비교적 큰 고연소성 연료를 혼소시키는 것이 바람직하다.

[0006] 그러나, 고연소성 연료의 혼소율을 크게 하면 역화의 리스크가 높아진다. 즉, 턴다운 운전에서 출력 하한값을 작게 하는 것과 역화의 리스크를 낮추는 것은 트레이드 오프의 관계에 있다.

[0007] 본 개시의 적어도 일 실시형태는, 상술한 사정에 감안하여, 턴다운 운전에서 출력 하한값을 작게 하는 것과 역화의 리스크를 낮추는 것의 양립을 도모하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0008] (1) 본 개시의 적어도 일 실시형태와 관련되는 가스 터빈 연소기는,

[0009] 제 1 연료 분사기와,

[0010] 제 2 연료 분사기와,

[0011] 상기 제 1 연료 분사기 및 상기 제 2 연료 분사기로부터 분사된 연료가 연소하는 연소부와,

[0012] 상기 제 1 연료 분사기 및 상기 제 2 연료 분사기에 대한 저연소성 연료의 공급량을 서로 독립해서 조절하기 위한 저연소성 연료 유량 조절부와,

[0013] 상기 제 1 연료 분사기 및 상기 제 2 연료 분사기에 대한, 상기 저연소성 연료보다 연소 속도가 높은 고연소성 연료의 공급량을 서로 독립해서 조절하기 위한 고연소성 연료 유량 조절부와,

[0014] 가스 터빈의 운전 상태에 따라, 상기 제 1 연료 분사기에 의해 분사되는 제 1 연료 전체에 대한 상기 고연소성 연료의 제 1 비율, 및, 상기 제 2 연료 분사기에 의해 분사되는 제 2 연료 전체에 대한 상기 고연소성 연료의 제 2 비율의 상대비가 변화하도록 상기 저연소성 연료 유량 조절부 및 상기 고연소성 연료 유량 조절부를 제어하도록 구성된 컨트롤러를

[0015] 포함한다.

[0016] (2) 본 개시의 적어도 일 실시형태와 관련되는 가스 터빈은, 상기 (1)의 구성의 가스 터빈 연소기를 포함한다.

**발명의 효과**

[0017] 본 개시의 적어도 일 실시형태에 의하면, 턴다운 운전에서 출력 하한값을 작게 하는 것과 역화의 리스크를 낮추는 것의 양립을 도모할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0018] 도 1은 일부 실시형태와 관련되는 가스 터빈을 나타내는 개략 구성도이다.

도 2는 일부 실시형태와 관련되는 연소기를 나타내는 단면도이다.

도 3은 일부 실시형태와 관련되는 연소기의 주요부를 나타내는 단면도이다.

도 4a는 일부 실시형태와 관련되는 연소기를 연소기의 축선방향을 따라 하류측으로부터 상류측을 보았을 때의

각 연료 분사기의 배치를 모식적으로 나타낸 도면이다.

도 4b는 다른 실시형태와 관련되는 연소기를 연소기의 축선방향을 따라 하류측으로부터 상류측을 보았을 때의 각 연료 분사기의 배치를 모식적으로 나타낸 도면이다.

도 5는 일부 실시형태와 관련되는 연소기에 대한 연료의 공급 계통의 개략을 나타낸 도면이다.

도 6a는 제 1 비율 및 제 2 비율과, 가스 터빈의 운전 상태를 나타내는 지표의 관계의 일례를 나타낸 그래프이다.

도 6b는 제 1 비율 및 제 2 비율과, 가스 터빈의 운전 상태를 나타내는 지표의 관계의 다른 일례를 나타낸 그래프이다.

도 6c는 제 1 비율과, 가스 터빈의 운전 상태를 나타내는 지표의 관계의 다른 예를 나타낸 그래프이다.

도 6d는 제 1 비율과, 가스 터빈의 운전 상태를 나타내는 지표의 관계의 다른 예를 나타낸 그래프이다.

도 6e는 제 2 비율과, 가스 터빈의 운전 상태를 나타내는 지표의 관계의 다른 일례를 나타낸 그래프이다.

도 7은 일부 실시형태와 관련되는 연소 제어 장치의 전체 개요도이다.

도 8은 일부 실시형태와 관련되는 연소 제어 장치에 있어서의 CLCSO의 산출 논리의 구성을 나타내는 블록도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0019] 이하, 첨부 도면을 참조해서 본 개시의 일부 실시형태에 대해 설명한다. 다만, 실시형태로서 기재되어 있는 또는 도면에 도시되어 있는 구성부품의 치수, 재질, 형상, 그 상대적 배치 등은, 본 개시의 범위를 이것으로 한정하는 취지는 아니고, 단순한 설명예에 불과하다.

[0020] 예를 들면, 「어느 방향으로」, 「어느 방향에 따라」, 「평행」, 「직교」, 「중심」, 「동심」 혹은 「동축」 등의 상대적 혹은 절대적인 배치를 나타내는 표현은, 엄밀하게 그러한 배치를 나타낼 뿐만 아니라, 공차, 혹은, 동일 기능을 얻을 수 있는 정도의 각도나 거리로 상대적으로 변위하고 있는 상태도 나타내는 것으로 한다.

[0021] 예를 들면, 「동일」, 「같다」 및 「균질」 등의 사물이 동일한 상태인 것을 나타내는 표현은, 엄밀하게 같은 상태를 나타낼 뿐만 아니라, 공차, 혹은, 동일 기능을 얻을 수 있는 정도의 차이가 존재하고 있는 상태도 나타내는 것으로 한다.

[0022] 예를 들면, 4각 형상이나 원통 형상 등의 형상을 나타내는 표현은, 기하학적으로 엄밀한 의미에서의 4각 형상이나 원통 형상 등의 형상을 나타낼 뿐만 아니라, 동일 효과를 얻을 수 있는 범위에서, 요철부나 모따기부 등을 포함한 형상도 나타내는 것으로 한다.

[0023] 한편, 하나의 구성요소를 「포함한다」, 「갖는다」, 「구비한다」, 「함유한다」, 또는, 「가진다」라고 하는 표현은, 다른 구성요소의 존재를 제외하는 배타적인 표현이 아니다.

[0024] (가스 터빈(1)에 대해)

[0025] 도 1은, 일부 실시형태와 관련되는 가스 터빈(1)을 나타내는 개략 구성도이다.

[0026] 일부 실시형태와 관련되는 가스 터빈 연소기의 적용처의 일례인 가스 터빈에 대해, 도 1을 참조해서 설명한다.

[0027] 도 1에 도시한 바와 같이, 일부 실시형태와 관련되는 가스 터빈(1)은, 산화제로서의 압축 공기를 생성하기 위한 압축기(2)와, 압축 공기 및 연료를 이용해서 연소 가스를 발생시키기 위한 가스 터빈 연소기(4)와, 연소 가스에 의해 회전 구동되도록 구성된 터빈(6)을 포함한다. 발전용의 가스 터빈(1)의 경우, 터빈(6)에는 미도시의 발전기가 연결되어, 터빈(6)의 회전 에너지에 의해 발전을 하게 되어 있다. 이하의 설명에서는, 가스 터빈 연소기(4)를 간단히 연소기(4)라고도 칭한다.

[0028] 일부 실시형태와 관련되는 가스 터빈(1)에 있어서의 각 부위의 구체적인 구성예에 대해 설명한다.

[0029] 일부 실시형태와 관련되는 압축기(2)는, 압축기 차실(10)과, 압축기 차실(10)의 입구 측에 설치되고, 공기를 도입하기 위한 공기 도입구(12)와, 압축기 차실(10) 및 후술하는 터빈 차실(22)을 모두 관통하도록 마련된 로터(8)와, 압축기 차실(10) 내에 배치된 각종 날개를 포함한다. 각종 날개는, 공기 도입구(12) 측에 설치된 입구 안내 날개(14)와, 압축기 차실(10) 측에 고정된 복수의 정익(16)과, 정익(16)에 대해서 교대로 배열되도록 로터

(8)에 심어 설치된 복수의 동익(18)을 포함한다. 덧붙여 압축기(2)는, 미도시의 추기실 등의 다른 구성요소를 구비하여도 괜찮다. 이러한 압축기(2)에 있어서, 공기 도입구(12)로부터 도입된 공기는, 복수의 정익(16) 및 복수의 동익(18)을 통과해서 압축되는 것에 의해, 고온 고압의 압축 공기가 된다. 그리고, 고온 고압의 압축 공기는 압축기(2)로부터 후단의 연소기(4)로 보내진다.

- [0030] 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)는, 케이싱(20) 내에 배치된다. 도 1에 도시한 바와 같이, 연소기(4)는, 케이싱(20) 내에 로터(8)를 중심으로 해서 환상으로 복수 배치되어 있어도 괜찮다. 연소기(4)에는 연료와 압축기(2)에서 생성된 압축 공기가 공급되어 연료를 연소시키는 것에 의해, 터빈(6)의 작동 유체인 연소 가스를 발생시킨다. 그리고, 연소 가스는 연소기(4)로부터 후단의 터빈(6)에 보내진다. 덧붙여 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)의 구성예에 대해서 후술한다.
- [0031] 일부 실시형태와 관련되는 터빈(6)은, 터빈 차실(22)과, 터빈 차실(22) 내에 배치된 각종 날개를 포함한다. 각종 날개는, 터빈 차실(22) 측에 고정된 복수의 정익(24)과, 정익(24)에 대해서 교대로 배열되도록 로터(8)에 심어 설치된 복수의 동익(26)을 포함한다. 덧붙여 터빈(6)은, 출구 안내 날개 등의 다른 구성요소를 포함하여도 괜찮다. 터빈(6)에 대해서는, 연소 가스가 복수의 정익(24) 및 복수의 동익(26)을 통과하는 것에 의해 로터(8)가 회전 구동한다. 이것에 의해, 로터(8)에 연결된 발전기가 구동되도록 되어 있다.
- [0032] 터빈 차실(22)의 하류측에는, 배기 차실(28)을 거쳐서 배기실(30)이 연결되어 있다. 터빈(6)을 구동한 후의 연소 가스는, 배기 차실(28) 및 배기실(30)을 거쳐서 외부에 배출된다.
- [0033] (연소기(4)에 대해)
- [0034] 도 2는, 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)를 나타내는 단면도이다. 도 3은, 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)의 주요부를 나타내는 단면도이다. 도 4a는, 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)를 연소기(4)의 축선 방향을 따라 하류측으로부터 상류측을 보았을 때의 각 연료 분사기의 배치를 모식적으로 나타내는 도면이다.
- [0035] 도 2, 도 3 및 도 4a를 참조해서, 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)의 구성에 대해 설명한다.
- [0036] 도 2 및 도 3에 도시한 바와 같이, 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)는, 로터(8)를 중심으로 해서 환상으로 복수 배치되어 있다(도 1 참조). 각 연소기(4)는, 케이싱(20)에 의해 확정되는 연소기 차실(40)에 마련된 연소기 라이너(46)와, 연소기 라이너(46) 내에 각각 배치된 제 1 연료 분사기(41) 및 제 2 연료 분사기(42)를 포함한다. 일부 실시형태에서는, 제 1 연료 분사기(41)는 메인 연소 버너(60)이며, 제 2 연료 분사기(42)는 파일럿 연소 버너(50)이어도 괜찮다.
- [0037] 이하의 설명에서는, 제 1 연료 분사기(41)로부터 분사되는 연료(F)를 제 1 연료(F1)라고도 칭하고, 제 2 연료 분사기(42)로부터 분사되는 연료(F)를 제 2 연료(F2)라고도 칭한다.
- [0038] 연소기(4)는, 케이싱(20)의 내부에 있어서 연소기 라이너(46)의 내통(47)의 외주 측에 마련된 외통(45)을 추가로 포함한다. 내통(47)의 외주측과 외통(45)의 내주 측에는, 압축 공기가 흐르는 공기 통로(43)가 형성된다.
- [0039] 덧붙여 연소기(4)는, 연소 가스를 바이패스시키기 위한 바이패스관(미도시) 등의 다른 구성요소를 포함하여도 괜찮다.
- [0040] 예를 들면, 연소기 라이너(46)는, 파일럿 연소 버너(50) 및 복수의 메인 연소 버너(60)의 주위에 배치되는 내통(47)과, 내통(47)의 선단부에 연결된 미통(48)을 갖는다. 즉, 연소기 라이너(46)는, 제 1 연료 분사기(41) 및 제 2 연료 분사기(42)로부터 분사된 연료(F)가 연소하는 연소부에 상당한다.
- [0041] 도 3 및 도 4a에 도시한 바와 같이, 파일럿 연소 버너(50)는, 연소기 라이너(46)의 중심 축을 따라 배치되어 있다. 그리고, 파일럿 연소 버너(50)의 외주측을 둘러싸도록, 복수의 메인 연소 버너(60)가 서로 이격해서 둘레 방향으로 늘어서 배치되어 있다.
- [0042] 도 3에 도시한 바와 같이, 파일럿 연소 버너(50)는, 연료 포트(52)에 연결된 파일럿 노즐(노즐)(54)과, 파일럿 노즐(54)을 둘러싸도록 배치된 파일럿 버너통(56)과, 파일럿 노즐(54)의 외주에 설치된 복수의 스윌러(선회판)(58)를 가지고 있다.
- [0043] 파일럿 노즐(54)은, 연소기 축선(Ac)을 중심으로 해서 축선방향(Da)으로 연장되어 있다.
- [0044] 여기서, 연소기 축선(Ac)의 연장 방향인 축선방향(Da)의 일방측으로서 연소 가스의 흐름에 따른 상류측을 상류측으로 하고, 타방측으로서 연소 가스의 흐름에 따른 하류측을 하류측으로 한다. 또, 연소기 축선(Ac)은, 이

파일럿 연소 버너(50)의 버너 축선이기도 하다.

- [0045] 파일럿 노즐(54)의 하류측 단부에는, 연료(F)(제 2 연료(F2))를 분사하는 미도시의 분사 구멍이 형성되어 있다. 파일럿 노즐(54)에서 분사 구멍이 형성되어 있는 위치보다 상류측에는, 복수의 선회관(58)이 설치되어 있다. 각 선회관(58)은, 연소기 축선(Ac)을 중심으로 해서 압축 공기를 선회시키기 위한 것이다. 각 선회관(58)은, 파일럿 노즐(54)의 외주로부터 방사방향 성분을 포함하는 방향으로 연장되고, 파일럿 버너통(56)의 내주면에 근접해 있다. 파일럿 버너통(56)은, 파일럿 노즐(54)의 외주에 위치하는 본체부(56a)와, 본체부(56a)의 하류측에 접속되고 하류측을 향해 점차 확장되고 있는 원추부(56b)를 가진다. 복수의 선회관(58)은, 파일럿 버너통(56)에 있어서의 본체부(56a)의 내주면에 근접해 있다.
- [0046] 메인 연소 버너(60)는, 연료 포트(62)에 연결된 메인 노즐(노즐)(64)과, 메인 노즐(64)을 둘러싸도록 배치된 메인 버너통(66)과, 메인 버너통(66)과 연소기 라이너(46)(예를 들면 내통(47))를 잇는 연장관(65)과, 메인 노즐(64)의 외주에 마련된 스왈러(선회관)(70)를 가지고 있다.
- [0047] 메인 노즐(64)은, 연소기 축선(Ac)과 평행한 버너 축선(Ab)을 중심으로 해서 축선방향(Da)으로 연장되는 봉상의 노즐이다. 덧붙여 메인 연소 버너(60)의 버너 축선(Ab)은, 연소기 축선(Ac)과 평행이기 때문에, 연소기 축선(Ac)에 관한 축선방향(Da)과 버너 축선(Ab)에 관한 축선방향(Da)은 동일 방향이다. 또, 연소기 축선(Ac)에 관한 축선방향(Da)의 상류측은, 버너 축선(Ab)에 관한 축선방향(Da)의 상류측이며, 연소기 축선(Ac)에 관한 축선방향(Da)의 하류측은, 버너 축선(Ab)에 관한 축선방향(Da)의 하류측이다.
- [0048] 메인 노즐(64)의 축선방향(Da)에 있어서의 중간부에는, 연료(F)(제 1 연료(F1))를 분사하는 분사 구멍이 형성되어 있다. 메인 노즐(64)에서 분사 구멍이 형성되어 있는 위치 근방에는, 복수의 선회관(70)이 설치되어 있다. 각 선회관(70)은, 버너 축선(Ab)을 중심으로 해서 압축 공기를 선회시키기 위한 것이다. 각 선회관(70)은, 메인 노즐(64)의 외주로부터 방사방향 성분을 포함하는 방향으로 연장되고, 메인 버너통(66)의 내주면에 근접해 있다. 메인 버너통(66)은, 메인 노즐(64)의 외주에 위치해 있다.
- [0049] 상기 구성을 가지는 연소기(4)에 있어서, 압축기(2)에서 생성된 압축 공기는 차실 입구(40a)로부터 연소기 차실(40) 내에 공급되고, 추가로 연소기 차실(40)로부터 공기 통로(43)를 경유해서 파일럿 버너통(56) 및 복수의 메인 버너통(66) 내에 유입한다.
- [0050] 파일럿 연소 버너(50)에서는, 파일럿 버너통(56)의 하류단으로부터, 압축 공기와 함께, 파일럿 노즐(54)로부터 분사된 연료(F)가 분출된다. 이 연료(F)는, 연소기 라이너(46) 내에서 확산 연소한다.
- [0051] 즉, 도 2, 도 3 및 도 4a에 나타난 파일럿 연소 버너(50)(제 2 연료 분사기(42))는, 확산 연소식의 연료 분사기이다.
- [0052] 메인 연소 버너(60)에서는, 메인 버너통(66) 내에서 압축 공기와 메인 노즐(64)로부터 분사된 연료(F)가 혼합해서, 예혼합 기체(PM)가 형성된다. 메인 연소 버너(60)에서는, 연장관(65)의 하류단으로부터 예혼합 기체(PM)가 분출된다. 이 예혼합 기체(PM) 중의 연료(F)는, 연소기 라이너(46)내에서 예혼합 연소한다.
- [0053] 즉, 도 2, 도 3 및 도 4a에 나타난 메인 연소 버너(60)(제 1 연료 분사기(41))는, 예혼합 연소식의 연료 분사기이다.
- [0054] 덧붙여 선회관(70)에 연료(F)를 분사하는 분사 구멍을 형성하고, 여기로부터 메인 버너통(66) 내에 연료(F)를 분사해도 괜찮다. 이 경우, 이상에서 설명한 봉상의 메인 노즐(64)에 상당하는 부분이 허브 봉을 이루고, 메인 노즐은, 이 허브 봉과 복수의 선회관(70)을 갖고 형성되는 것으로 된다. 허브 봉 내에는, 외부로부터의 연료(F)가 공급되고, 이 허브 봉으로부터 선회관(70)에 연료(F)가 공급된다.
- [0055] 도 4b는, 다른 실시형태와 관련된 연소기(4)를 연소기(4)의 축선방향을 따라 하류측으로부터 상류측을 보았을 때의 각 연료 분사기(41, 42)의 배치를 모식적으로 나타낸 도면이다. 도 4b에 나타난 연소기(4)에서는, 제 1 연료 분사기(41)는, 제 2 연료 분사기(42)와 동축으로 배치되어 있다. 도 4b에 나타난 연소기(4)는, 제 2 연료 분사기(42)의 주위로부터 제 1 연료(F1)를 분사하도록 구성되어 있다.
- [0056] 도 4b에 나타난 연소기(4)에서는, 제 1 연료 분사기(41) 및 제 2 연료 분사기(42)는, 내통(47) 내에서 둘레 방향으로 늘어서 배치되어 있다. 도 4b에 나타난 연소기(4)에서는, 제 1 연료 분사기(41) 및 제 2 연료 분사기(42)는, 어느 것이나 예혼합 연소식의 연료 분사기여도 괜찮다.
- [0057] (연료(F)에 대해)

- [0058] 예를 들면 발전 용도의 가스 터빈에서는, 주간이나 야간의 전력 수요의 변동에 대응하기 위해서, 운전 상태를 턴다운 운전으로 전환하는 경우가 있다. 턴다운 운전에서는, 터빈을 통과하는 연소 가스의 유량을 감소시켜서, 정격운전시에 비해 낮은 출력으로 가스 터빈이 운전된다.
- [0059] 가스 터빈을 턴다운 운전하는 것에 의해 출력을 저하시키면, 연소기에 있어서의 연소 온도가 저하하고, 그 결과 미연분인 일산화탄소나 탄화수소 등의 물질의 발생량의 증가나, 연소 진동의 발생을 초래해 버린다. 그러나, 상술한 전력 수요의 변동에 유연하게 대응하기 위하여, 턴다운 운전에서 출력 하한값을 작게 해서 가스 터빈의 운용대를 넓히는 것이 요구되고 있다.
- [0060] 턴다운 운전에서 출력 하한값을 작게 하기 위해서는, 수소 등과 같은 연소 속도가 비교적 큰 고연소성 연료를 혼소시키는 것이 바람직하다.
- [0061] 그래서, 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)에서는, 연료(F)로서 예를 들면 종래의 연소기와 마찬가지로 천연 가스를 이용하는 것과 동시에, 고연소성 연료(FH)로서 예를 들면 수소, 프로판, 또는 수소와 프로판의 혼합물 중 하나를 이용할 수가 있도록 구성되어 있다. 덧붙여 이하의 설명에서는, 고연소성 연료로서 수소를 이용하는 경우를 예로 들어 설명한다. 또, 이하의 설명에서는, 종래부터 이용되고 있는 연료(F)인 천연 가스를 저연소성 연료(FL)라고도 칭한다. 즉, 고연소성 연료(FH)는, 저연소성 연료(FL)보다 연소 속도가 높은 연료이다. 여기서 말하는 연료(F)의 연소 속도는, 예를 들면, 표준 상태(0℃, 1013hPa)에 있어서 당량비가 1이 되도록 연료(F)와 공기가 혼합된 혼합기체의 연소 속도로 한다.
- [0062] 저연소성 연료(FL)로서 예를 들면 천연 가스를 이용하는 것과 동시에, 고연소성 연료(FH)로서 예를 들면 수소, 프로판, 또는 수소와 프로판의 혼합물 중 어느 하나를 이용하는 것에 의해, 연료(F)의 코스트의 증가를 억제할 수 있다.
- [0063] (연료(F)의 공급 계통에 대해)
- [0064] 도 5는, 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)에 대한 연료(F)의 공급 계통(200)의 개략을 나타낸 도면이다. 일부 실시형태와 관련되는 가스 터빈(1)은, 도 5에 나타내는 연료(F)의 공급 계통(200)을 포함한다. 도 5에 나타내는 연료(F)의 공급 계통(200)은, 저연소성 연료(FL)를 제 1 연료 분사기(41)에 공급하기 위한 L1 공급 라인(211)과, 저연소성 연료(FL)를 제 2 연료 분사기(42)에 공급하기 위한 L2 공급 라인(212)과, 고연소성 연료(FH)를 제 1 연료 분사기(41)에 공급하기 위한 H1 공급 라인(221)과, 고연소성 연료(FH)를 제 2 연료 분사기(42)에 공급하기 위한 H2 공급 라인(222)을 포함한다.
- [0065] L1 공급 라인(211)과 H1 공급 라인(221)은, 합류부(231)에서 합류하고 있다. 합류부(231) 이후의 연료 공급 라인을 제 1 연료 공급 라인(201)으로 칭한다. 제 1 연료 공급 라인(201)은, 메인 연소 버너(60)(제 1 연료 분사기(41))의 메인 노즐(64)이 연결되어 있는 연료 포트(62)에 접속되어 있다.
- [0066] L2 공급 라인(212)과 H2 공급 라인(222)은, 합류부(232)에서 합류하고 있다. 합류부(232) 이후의 연료 공급 라인을 제 2 연료 공급 라인(202)으로 칭한다. 제 2 연료 공급 라인(202)은, 파일럿 연소 버너(50)(제 2 연료 분사기(42))의 파일럿 노즐(44)이 연결되어 있는 연료 포트(52)에 접속되어 있다.
- [0067] L1 공급 라인(211)에는, 제 1 연료 분사기(41)에 대한 저연소성 연료(FL)의 공급량을 조절하기 위한 L1 유량 조절부(241)가 설치되어 있다. L2 공급 라인(212)에는, 제 2 연료 분사기(42)에 대한 저연소성 연료(FL)의 공급량을 조절하기 위한 L2 유량 조절부(242)가 설치되어 있다.
- [0068] H1 공급 라인(221)에는, 제 1 연료 분사기(41)에 대한 고연소성 연료(FH)의 공급량을 조절하기 위한 H1 유량 조절부(243)가 설치되어 있다. H2 공급 라인(222)에는, 제 2 연료 분사기(42)에 대한 고연소성 연료(FH)의 공급량을 조절하기 위한 H2 유량 조절부(244)가 설치되어 있다.
- [0069] L1 유량 조절부(241), L2 유량 조절부(242), H1 유량 조절부(243), 및 H2 유량 조절부(244)는, 예를 들면 유량 조절 밸브이다.
- [0070] 도 5에 나타내는 연료(F)의 공급 계통(200)에서는, 제 1 연료 분사기(41) 및 제 2 연료 분사기(42)에 대한 저연소성 연료(FL)의 공급량을 서로 독립해서 조절하기 위한 저연소성 연료 유량 조절부(240L)는, L1 유량 조절부(241)와 L2 유량 조절부(242)를 포함한다. 도 5에 나타내는 연료(F)의 공급 계통(200)에서는, 제 1 연료 분사기(41) 및 제 2 연료 분사기(42)에 대한 고연소성 연료(FH)의 공급량을 서로 독립해서 조절하기 위한 고연소성 연료 유량 조절부(240H)는, H1 유량 조절부(243)와 H2 유량 조절부(244)를 포함한다.

- [0071] L1 유량 조절부(241), L2 유량 조절부(242), H1 유량 조절부(243), 및 H2 유량 조절부(244)는, 저연소성 연료 유량 조절부(240L) 및 고연소성 연료 유량 조절부(240H)를 제어하도록 구성된 컨트롤러에 의해 제어된다. 일부 실시형태에서는, 이 컨트롤러는, 가스 터빈(1)의 연소 제어 장치(140)에 의해 실현된다.
- [0072] 즉, 일부 실시형태에서는, 제 1 연료 분사기(41)에 의해 분사되는 제 1 연료(F1) 전체에 대한 고연소성 연료(FH)의 제 1 비율(R1), 및, 제 2 연료 분사기(42)에 의해 분사되는 제 2 연료(F2) 전체에 대한 고연소성 연료(FH)의 제 2 비율(R2)은, 연소 제어 장치(140)에 의해 제어된다. 연소 제어 장치(140)의 상세에 대하여는, 다음에 설명한다.
- [0073] 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)에서는, 수소 등과 같은 연소 속도가 비교적 큰 고연소성 연료(FH)를 혼소시킬 수가 있으므로, 가스 터빈(1)의 턴다운 운전에 있어서의 출력 하한값을 작게 할 수가 있다.
- [0074] 그러나, 고연소성 연료(FH)의 혼소율, 즉 제 1 비율(R1) 및 제 2 비율(R2)을 크게 하면, 역화의 리스크가 높아진다. 즉, 턴다운 운전에 있어서의 출력 하한값을 작게 하는 것과 역화의 리스크를 낮추는 것은 트레이드 오프의 관계에 있다.
- [0075] 한편, 역화의 리스크는, 연료 분사기의 구조나 연료 분사기의 배치 위치 등에 따라서 다르기 때문에, 복수의 연료 분사기에 대해 어느 연료 분사기도 역화의 리스크가 동일하다고는 말할 수 없다. 구체적으로는, 예를 들면 이하와 같다.
- [0076] 도 2, 도 3 및 도 4a에 나타내는 실시형태에서는, 제 1 연료 분사기(41)는 예혼합 연소식의 연료 분사기이며, 제 2 연료 분사기(42)는 확산 연소식의 연료 분사기이다.
- [0077] 일반적으로, 확산 연소식의 연료 분사기는 예혼합 연소식의 연료 분사기보다 역화의 리스크가 작은 연소기이다. 따라서, 도 2, 도 3 및 도 4a에 나타내는 실시형태에서는, 제 2 연료 분사기(42)는, 제 1 연료 분사기(41)보다 역화의 리스크가 작은 연소기가 된다.
- [0078] 덧붙여 일반적으로, 연료 분사기가 다른 복수의 연료 분사기에 의해 주위가 둘러싸여 있는 경우, 주위가 둘러싸여 있는 연료 분사기는, 주위를 둘러싸고 있는 연료 분사기보다 역화의 리스크가 작아진다.
- [0079] 여기서, 도 2, 도 3 및 도 4a에 나타내는 실시형태에서는, 제 1 연료 분사기(41)는, 제 2 연료 분사기(42)의 주위에 복수 배치되고 있다. 따라서, 만일 도 2, 도 3 및 도 4a에 나타내는 실시형태에 있어서 제 1 연료 분사기(41)와 제 2 연료 분사기(42)가 모두 확산 연소식 또는 예혼합 연소식의 연료 분사기인 경우와 같이, 제 1 연료 분사기(41)와 제 2 연료 분사기(42)에서 연료 분사기의 구조가 동일하면, 제 2 연료 분사기는, 제 1 연료 분사기보다 역화의 리스크가 작은 연소기가 된다.
- [0080] 또, 도 4b에 나타내는 실시형태에서는, 제 1 연료 분사기(41)는, 제 2 연료 분사기(42)와 동축에 배치되어, 제 2 연료 분사기(42)의 주위로부터 제 1 연료(F1)를 분사하도록 구성되어 있다.
- [0081] 일반적으로, 한 쪽의 연료 분사기가 다른 쪽의 연료 분사기와 동축에 배치되고, 다른 쪽의 연료 분사기의 주위로부터 한 쪽의 연료 분사기가 연료를 분사하도록 각각의 연료 분사기가 구성되어 있는 경우, 다른 쪽의 연료 분사기는, 한쪽의 연료 분사기보다 역화의 리스크가 작아진다.
- [0082] 따라서, 만일 도 4b에 나타내는 실시형태에 있어서 제 1 연료 분사기(41)와 제 2 연료 분사기(42)가 모두 확산 연소식 또는 예혼합 연소식의 연료 분사기인 경우와 같이, 제 1 연료 분사기(41)와 제 2 연료 분사기(42)에서 연료 분사기의 구조가 동일하면, 제 2 연료 분사기(42)는, 제 1 연료 분사기(41)보다 역화의 리스크가 작은 연소기가 된다.
- [0083] 그래서, 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)에서는, 이들을 고려해서 제 1 비율(R1)과 제 2 비율(R2)의 상대비(R)를 변화시키는 것에 의해, 턴다운 운전에 있어서의 출력 하한값을 작게 하는 것과 역화의 리스크를 낮추는 것의 양립을 도모하도록 했다.
- [0084] 즉, 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)에서는, 연소 제어 장치(140)는, 가스 터빈(1)의 운전 상태에 따라, 제 1 비율(R1) 및 제 2 비율(R2)의 상대비(R)가 변화하도록 저연소성 연료 유량 조절부(240L) 및 고연소성 연료 유량 조절부(240H)를 제어하도록 구성되어 있다.
- [0085] 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)에 의하면, 가스 터빈(1)의 운전 상태에 따라 상대비(R)를 변화시키는 것에 의해, 턴다운 운전에 있어서의 출력 하한값을 작게 하는 것과 역화의 리스크를 낮추는 것의 양립을 도모할 수

있다.

- [0086] 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)를 갖는 가스 터빈(1)에서는, 턴다운 운전에 있어서의 출력 하한값을 작게 하는 것과 역화의 리스크를 낮추는 것의 양립을 도모할 수가 있어 가스 터빈(1)의 운용대를 넓힐 수가 있다.
- [0087] 이하, 가스 터빈(1)의 운전 상태에 따른 상대비(R)의 변경에 대해 상세하게 설명한다.
- [0088] 일반적으로는, 가스 터빈(1)의 부하가 고부하가 될수록 연료(F)의 공급량이 증가하기 때문에, 역화의 리스크가 높아진다. 그 때문에, 역화를 회피하기 위해서는, 연료 분사기에 의해 분사되는 연료(F) 전체에 대한 고연소성 연료(FH)의 비율은, 가스 터빈(1)의 부하가 고부하가 될수록 줄이는 것이 바람직하다. 그러나, 상술한 것처럼, 역화의 리스크는, 연료 분사기의 구조나 연료 분사기의 배치 위치 등에 따라서 다르기 때문에, 복수의 연료 분사기에 있어서 어느 연료 분사기도 역화의 리스크가 같다고는 말할 수 없다. 그 때문에, 상술한 것처럼 제 1 연료 분사기(41)가 제 2 연료 분사기(42)보다 역화의 리스크가 높은 연소기이면, 가스 터빈의 부하가 고부하가 될수록 제 2 비율(R2)의 저감 정도보다 제 1 비율(R1)의 저감 정도를 크게 하는 것이 바람직하다. 즉, 가스 터빈(1)의 부하가 고부하가 될수록 제 1 비율(R1)을 제 2 비율(R2)로 나눈 값이 작아지도록(가스 터빈(1)의 부하가 저부하가 될수록 제 1 비율(R1)을 제 2 비율(R2)로 나눈 값이 커지도록) 하는 것이 바람직하다.
- [0089] 이하의 설명에서는, 상대비(R)가 제 1 비율(R1)을 제 2 비율(R2)로 나눈 값( $R=R1/R2$ )인 것으로서 설명한다.
- [0090] 도 6a는, 제 1 비율(R1) 및 제 2 비율(R2)과, 가스 터빈(1)의 운전 상태를 나타내는 지표의 관계의 일례를 나타낸 그래프이다.
- [0091] 도 6b는, 제 1 비율(R1) 및 제 2 비율(R2)과, 가스 터빈(1)의 운전 상태를 나타내는 지표의 관계의 다른 일례를 나타낸 그래프이다.
- [0092] 도 6c 및 도 6d는, 제 1 비율(R1)과, 가스 터빈(1)의 운전 상태를 나타내는 지표의 관계의 다른 예를 나타낸 그래프이다.
- [0093] 도 6e는, 제 2 비율(R2)과, 가스 터빈(1)의 운전 상태를 나타내는 지표의 관계의 다른 일례를 나타낸 그래프이다.
- [0094] 덧붙여 도 6a 내지 도 6e에 있어서, 가스 터빈(1)의 운전 상태를 나타내는 지표로서, 예를 들면, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT), 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)를 무차원화한 값인 연소 부하 지령값(CLCSO), 가스 터빈(1)의 부하(발전기 출력: 가스 터빈 출력)를 들 수가 있다. 덧붙여 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)는, 터빈(6)의 입구에 있어서의 연소 가스의 온도이다. CLCSO에 대해서는, 다음에 상술한다. 또, 가스 터빈(1)의 부하는, 발전기 출력의 실측값이어도 괜찮고, 복수의 발전 설비의 발전기 출력을 관리하는 도시하지 않은 중앙 급전 센터로부터 보내져 오는 발전기 출력 지령값이어도 괜찮다.
- [0095] 즉, 일부 실시형태에서는, 상기 지표는, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)여도 무방하다.
- [0096] 일반적으로, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)는, 예를 들면 가스 터빈(1)의 부하와 비교해서, 가스 터빈(1)의 운전 상태를 보다 정확하게 나타내는 지표이다. 상기 지표가 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)이면, 상기 상대비(R)를 가스 터빈(1)의 운전 상태를 보다 정확하게 반영된 것으로 할 수가 있으므로, 상기 상대비(R)의 제어 정밀도를 향상할 수 있다.
- [0097] 일부 실시형태에서는, 상기 지표는, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)를 무차원화한 값(CLCSO)이어도 괜찮다.
- [0098] 상술한 것처럼, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)는, 예를 들면 가스 터빈(1)의 부하와 비교해, 가스 터빈(1)의 운전 상태를 보다 정확하게 나타내는 지표이다. 그러나, 근년의 가스 터빈(1)에서는, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)가 고온화하고 있어, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)를 장시간 계측하는 것이 곤란해지고 있다.
- [0099] 상기 지표가 CLCSO이면, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)를 장시간 계측 할 필요가 없어져, 상기 상대비(R)의 제어 정밀도를 용이하게 향상할 수 있다.
- [0100] 일부 실시형태에서는, 상기 지표는, 가스 터빈(1)의 부하여도 괜찮다.
- [0101] 가스 터빈(1)의 부하는, 예를 들면 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)와 비교하면 가스 터빈(1)의 운전 상태를 나타내는 지표로서는 정밀도가 뒤떨어지지만, 값의 취득은 용이하다.

- [0102] 상기 지표가 가스 터빈(1)의 부하이면, 상기 상대비(R)를 제어하기 위한 구성을 간소화할 수 있다.
- [0103] 이하의 설명에서는, 가스 터빈(1)의 운전 상태를 나타내는 지표가 CLCSO인 경우의 예에 대해 설명하지만, 이하로 설명하는 CLCSO와 제 1 비율(R1) 및 제 2 비율(R2)의 관계는, CLCSO 이외의 상기의 각 지표에 대해서도 들어 맞는다.
- [0104] 상술한 것처럼, 일반적으로는, 가스 터빈(1)의 부하가 고부하가 될수록 연료(F)의 공급량이 증가하기 때문에, 역화의 리스크가 높아진다. 그 때문에, 예를 들면 도 6a 내지 도 6d에 도시한 바와 같이, CLCSO가 커짐에 따라, 제 1 비율(R1)은, 감소하는 경향으로 있으면 좋다.
- [0105] 덧붙여 제 1 비율(R1)의 하한값은, 0이어도 괜찮다.
- [0106] 덧붙여 상술한 것처럼, 제 2 연료 분사기(42)는, 제 1 연료 분사기(41)보다 역화의 리스크가 작은 연소기이므로, 예를 들면 도 6a 및 도 6b에 도시한 바와 같이, CLCSO의 대소에 관계 없이, 제 2 비율(R2)은 일정한 값이어도 괜찮다. 덧붙여 예를 들면 도 6e에 도시한 바와 같이, CLCSO가 커짐에 따라, 제 2 비율(R2)은 감소하는 경향으로 있어도 괜찮다. 이 경우, CLCSO의 변화에 대한 제 2 비율(R2)의 변화율의 절대값은, CLCSO의 변화에 대한 제 1 비율(R1)의 변화율의 절대값보다 작아도 괜찮다. 즉, CLCSO가 증가했을 경우의 제 2 비율(R2)의 감소 비율은, CLCSO가 증가했을 경우의 제 1 비율(R1)의 감소 비율보다 작아도 괜찮다.
- [0107] 상술한 것처럼, 제 2 연료 분사기(42)는, 제 1 연료 분사기(41)보다 역화의 리스크가 작은 연소기이므로, 예를 들면 도 6a 및 도 6b에 도시한 바와 같이, 적어도 CLCSO가 비교적 큰 영역에 있어서, 제 2 비율(R2)은 제 1 비율(R1)보다 커도 괜찮고, 도 6b에 도시한 바와 같이, CLCSO의 크기에 관계 없이, 제 2 비율(R2)은 제 1 비율(R1)보다 커도 괜찮다.
- [0108] 도 6c 및 도 6d에 도시한 바와 같이, CLCSO가 특정 범위 내의 값이 되는 경우에는, CLCSO의 크기에 관계 없이, 제 1 비율(R1)은 일정한 값이 되어도 괜찮다. 예를 들면 도 6c에 있어서 실선으로 도시한 그래프선과 같이, CLCSO가 비교적 작은 값이 되는 영역(예를 들면 0% 이상 b1% 이하)에 있어서, CLCSO의 크기에 관계 없이, 제 1 비율(R1)은 일정한 값이 되어도 괜찮다. 예를 들면 도 6d에 대해 실선으로 도시한 그래프선과 같이, CLCSO가 비교적 작은 값이 되는 영역(예를 들면 0% 이상 b3% 이하)에 있어서, CLCSO의 크기에 관계 없이, 제 1 비율(R1)은 일정한 값이 되어도 괜찮다.
- [0109] 또, 예를 들면 도 6c에 대해 파선으로 도시한 그래프선과 같이, CLCSO가 비교적 큰 값이 되는 영역(예를 들면 b2% 이상 100% 이하)에 있어서, CLCSO의 크기에 관계 없이, 제 1 비율(R1)은 일정한 값이 되어도 괜찮다. 예를 들면 도 6d에 있어서 실선으로 도시한 그래프선과 같이, CLCSO가 비교적 큰 값이 되는 영역(예를 들면 b4% 이상 100% 이하)에 있어서, CLCSO의 크기에 관계 없이, 제 1 비율(R1)은 일정한 값이 되어도 괜찮다.
- [0110] 덧붙여 도 6c에 있어서,  $b1 < b2$ 이며, 도 6d에 있어서,  $b3 < b4$ 이다.
- [0111] 덧붙여 도시는 하고 있지 않지만, 도 6c에 있어서, CLCSO의 크기가 b1% 이상 b2% 이하인 범위 내의 적어도 일부의 영역에 있어서, CLCSO의 크기에 관계 없이, 제 1 비율(R1)은 일정한 값이 되어도 괜찮다. 마찬가지로 도 6d에 있어서, CLCSO의 크기가 b3% 이상 b4% 이하의 범위 내의 일부의 영역에 있어서, CLCSO의 크기에 관계 없이, 제 1 비율(R1)은 일정한 값이 되어도 괜찮다.
- [0112] 또, 도시는 하고 있지 않지만, 도 6a 또는 도 6b에 있어서, 그래프선의 일부에, CLCSO의 크기에 관계 없이 제 1 비율(R1)이 일정한 값이 되는 부분이 있어도 괜찮다.
- [0113] 제 1 비율(R1)의 그래프선은, 도 6a 내지 도 6c에 나타내는 그래프선, 및, 도 6d에 대해 실선으로 도시한 그래프선과 같이, 직선으로 나타내는 것이어도 괜찮고 예를 들면 도 6d에 대해 파선으로 도시한 그래프선과 같이, 곡선으로 나타내는 것이어도 괜찮고, 예를 들면 직선과 곡선으로 나타내는 것이어도 괜찮다.
- [0114] 덧붙여 적어도 CLCSO가 비교적 큰 영역에 있어, 제 2 비율(R2)이 제 1 비율(R1)보다 커진다면, CLCSO의 변화에 대한 제 1 비율(R1)의 상술한 바와 같은 변화의 경향과 마찬가지로, CLCSO의 변화에 대해서 제 2 비율(R2)이 변화해도 괜찮다.
- [0115] 이상, CLCSO의 변화에 대한 제 1 비율(R1) 및 제 2 비율(R2)의 변화 경향에 대해 정리하면, 이하와 같이 된다.
- [0116] 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)에서는, 제 1 연료 분사기(41) 및 제 2 연료 분사기(42)는, 운전 상태를 나타내는 지표(예를 들면 CLCSO)가 제 1 값(a1)(도 6a 및 도 6b 참조)이 되는 경우에는, 제 1 값(a1)이 되는 경우보다 가스 터빈(1)의 부하가 고부하가 되는 제 2 값(a2)(도 6a 및 도 6b 참조)이 되는 경우보다 제 1 비율(R1)

을 제 2 비율(R2)로 나눈 값(즉 상대비  $R=R1/R2$ )이 커지도록 상대비(R)가 설정되면 좋다.

- [0117] 예를 들면, 도 6a 내지 도 6d에 도시한 바와 같이, CLCSO가 커짐에 따라, 제 1 비율(R1)은, 감소하는 경향으로 있어, 도 6a 및 도 6b에 도시한 바와 같이, CLCSO의 대소에 관계 없이, 제 2 비율(R2)은, 일정한 값이면, CLCSO가 제 1 값(a1)이 되는 경우에는, CLCSO가 제 2 값(a2)이 되는 경우보다 제 1 비율(R1)을 제 2 비율(R2)로 나눈 값이 커진다. 덧붙여 예를 들면 도 6e에 도시한 바와 같이, CLCSO가 커짐에 따라, 제 2 비율(R2)은, 감소하는 경향으로 있는 경우여도, CLCSO가 제 1 값(a1)이 되는 경우에는, CLCSO가 제 2 값(a2)이 되는 경우보다 제 1 비율(R1)을 제 2 비율(R2)로 나눈 값이 커지면 좋다.
- [0118] 따라서, 제 1 연료 분사기(41)가 제 2 연료 분사기(42)보다 역화의 리스크가 높은 연소기이므로, 턴다운 운전에 있어서의 출력 하한값을 작게 하는 것과 역화의 리스크를 낮추는 것의 양립을 도모하는데 있어서, 상기 상대비(R)가 바람직한 것이 된다.
- [0119] 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)에서는, 컨트롤러, 즉 연소 제어 장치(140)는, 상기 지표(예를 들면 CLCSO)가 제 1 값(a1)이 되는 경우와 제 2 값(a2)이 되는 경우에, 제 1 비율(R1) 또는 제 2 비율(R2) 중 적어도 어느 하나가 다르도록 저연소성 연료 유량 조절부(240L) 및 고연소성 연료 유량 조절부(240H)를 제어하도록 구성되어 있어도 괜찮다.
- [0120] 즉, 상기 지표(예를 들면 CLCSO)가 제 1 값(a1)이 되는 경우와 제 2 값(a2)이 되는 경우에, 제 1 비율(R1) 또는 제 2 비율(R2) 중 적어도 어느 하나를 다르게 하는 것에 의해, 상기 지표가 제 1 값(a1)이 되는 경우와 제 2 값(a2)이 되는 경우에 상기 상대비(R)를 다르게 할 수가 있다.
- [0121] 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)에서는, 컨트롤러, 즉 연소 제어 장치(140)는, 상기 지표(예를 들면 CLCSO)가 제 1 값(a1)이 되는 경우보다 제 2 값(a2)이 되는 경우가 제 1 비율(R1)이 작아지도록 저연소성 연료 유량 조절부(240L) 및 고연소성 연료 유량 조절부(240H)를 제어하도록 구성되어 있어도 괜찮다.
- [0122] 이것에 의해, 가스 터빈(1)의 부하가 비교적 커져도, 제 2 연료 분사기(42)보다 역화의 리스크가 높은 제 1 연료 분사기(41)에 있어서의 역화의 리스크를 억제할 수 있다.
- [0123] 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)에서는, 컨트롤러, 즉 연소 제어 장치(140)는, 상기 지표(예를 들면 CLCSO)가 제 2 값(a2)이 되는 경우에 제 2 비율(R2)이 제 1 비율(R1) 이상이 되도록 저연소성 연료 유량 조절부(240L) 및 고연소성 연료 유량 조절부(240H)를 제어하도록 구성되어 있어도 괜찮다.
- [0124] 따라서, 제 1 연료 분사기(41)가 제 2 연료 분사기(42)보다 역화의 리스크가 높은 연소기이므로, 가스 터빈(1)의 부하가 비교적 커졌을 경우에 제 1 연료 분사기(41)에 있어서의 역화의 리스크를 억제하면서, 제 2 연료 분사기(42)에 있어서의 제 2 비율(R2)을 비교적 크게 할 수가 있다. 예를 들면 고연소성 연료(FH)가 수소 등의 환경 부하가 비교적 작은 연료이면, 제 2 비율(R2)을 비교적 크게 하는 것에 의해 환경 부하를 억제할 수 있다.
- [0125] 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)에서는, 컨트롤러, 즉 연소 제어 장치(140)는, 상기 지표(예를 들면 CLCSO)가 제 2 값(a2)이 되는 경우에 제 2 비율(R2)이 0.5 이상이 되도록 저연소성 연료 유량 조절부(240L) 및 고연소성 연료 유량 조절부(240H)를 제어하도록 구성되어 있어도 괜찮다.
- [0126] 이것에 의해, 가스 터빈(1)의 부하가 비교적 커졌을 경우에 제 2 연료 분사기(42)에 있어서의 제 2 비율(R2)을 비교적 크게 할 수가 있다. 예를 들면 고연소성 연료(FH)가 수소 등의 환경 부하가 비교적 작은 연료이면, 제 2 비율(R2)을 비교적 크게 하는 것에 의해 환경 부하를 억제할 수 있다.
- [0127] (연소 제어 장치(140)에 대해)
- [0128] 도 7은, 일부 실시형태와 관련되는 연소 제어 장치(140)의 전체 개요도이다.
- [0129] 도 7에 근거해서, 일부 실시형태와 관련되는 연소 제어 장치(140)에 대해 설명한다. 덧붙여 연소 제어 장치(140)의 각 처리 기능은 소프트웨어(컴퓨터 프로그램)로 구성되고, 컴퓨터로 실행되지만, 이것으로 한정하는 것은 아니고, 하드웨어로 구성해도 괜찮다.
- [0130] 도 7에 도시한 바와 같이, 일부 실시형태와 관련되는 연소 제어 장치(140)에서는 도시하지 않은 중앙 급전 센터로부터 보내져 오는 발전기 출력 지령값과, 도시하지 않은 IGV 제어 장치로부터 보내져 오는 IGV 개방도 지령값을 입력한다. 덧붙여 발전기 출력 지령값은 중앙 급전 센터로부터 보내져 오는 경우로 한정하는 것은 아니고, 예를 들면 가스 터빈 발전 설비에 설치된 발전기 출력 설정기에 의해 설정되는 것이어도 괜찮다. 또, 여기에서는 CLCSO의 산출에 이용하는 IGV 개방도로서 IGV 개방도 지령값을 채용하고 있지만, 반드시 이것으로 한정하는

것은 아니고, 예를 들면 IGV 개방도를 계측하고 있는 경우에는 이 계측값을 이용해도 괜찮다.

- [0131] 더구나 일부 실시형태와 관련되는 연소 제어 장치(140)에서는, 상기와 같이 실측값으로서 전력계(PW)로 계측되는 발전기 출력과, 흡기 온도계(Ta)로 계측되는 흡기 온도와, 저연소성 연료 가스 온도계(Tf1)로 계측되는 저연소성 연료 온도와, 고연소성 연료 가스 온도계(Tfh)로 계측되는 고연소성 연료 온도와, 배기 가스 온도계(Th)로 계측되는 배기 가스 온도와, 흡기 유량계(FX1)로 계측되는 흡기 유량과, 터빈 바이패스 유량계(FX2)로 계측되는 터빈 바이패스 유량과, 흡기 압력계(PX4)로 계측되는 흡기 압력과, 차실 압력계(PX5)로 계측되는 차실 압력을 입력한다.
- [0132] 덧붙여 터빈 바이패스 유량은, 연소기(4) 및 터빈(6)을 통과하지 않고 미도시의 터빈 바이패스 라인을 흐르는 압축 공기의 유량이다.
- [0133] 미도시의 터빈 바이패스 라인에는 압축 공기의 터빈 바이패스 유량을 조정하기 위한 미도시의 터빈 바이패스 밸브가 설치되어 있다. 이것은 압축기(2)의 출구 압력(차실 압력)의 조정 등을 위해 설치되어 있다.
- [0134] 그리고, 일부 실시형태와 관련되는 연소 제어 장치(140)에서는, 이러한 입력 신호 등에 기초해서, 제 1 연료 분사기(41)에 대한 저연소성 연료(FL)의 공급량을 조절하기 위한 L1 밸브 개방도 지령값과, 제 2 연료 분사기(42)에 대한 저연소성 연료(FL)의 공급량을 조절하기 위한 L2 밸브 개방도 지령값과, 제 1 연료 분사기(41)에 대한 고연소성 연료(FH)의 공급량을 조절하기 위한 H1 밸브 개방도 지령값과, 제 2 연료 분사기(42)에 대한 고연소성 연료(FH)의 공급량을 조절하기 위한 H2 밸브 개방도 지령값을 구한다.
- [0135] L1 밸브 개방도 지령값은, L1 유량 조절부(241)에 있어서의 밸브 개방도의 지령값이며, L2 밸브 개방도 지령값은, L2 유량 조절부(242)에 있어서의 밸브 개방도의 지령값이다. H1 밸브 개방도 지령값은, H1 유량 조절부(243)에 있어서의 밸브 개방도의 지령값이며, H2 밸브 개방도 지령값은, H2 유량 조절부(244)에 있어서의 밸브 개방도의 지령값이다.
- [0136] L1 밸브 개방도 지령값, L2 밸브 개방도 지령값, H1 밸브 개방도 지령값, 및 H2 밸브 개방도 지령값은, CLCSO와 제 1 비율(R1) 및 제 2 비율(R2)이 상술한 바와 같은 관계가 되도록 산출된다.
- [0137] 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)에서는, L1 유량 조절부(241)에 있어서의 밸브 개방도가 L1 밸브 개방도 지령값에 대응하는 밸브 개방도로 설정되는 것에 의해, 제 1 연료 분사기(41)에 대한 저연소성 연료(FL)의 공급량이 조절된다. 또, 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)에서는, H1 유량 조절부(243)에 있어서의 밸브 개방도가 H1 밸브 개방도 지령값에 대응하는 밸브 개방도로 설정되는 것에 의해, 제 1 연료 분사기(41)에 대한 고연소성 연료(FH)의 공급량이 조절된다.
- [0138] 이것에 의해, 연소 제어 장치(140)에서 연산되어 설정된 제 1 비율(R1)로, 저연소성 연료(FL) 및 고연소성 연료(FH)가 제 1 연료 분사기(41)에 공급된다.
- [0139] 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)에서는, L2 유량 조절부(242)에 있어서의 밸브 개방도가 L2 밸브 개방도 지령값에 대응하는 밸브 개방도로 설정되는 것에 의해, 제 2 연료 분사기(42)에 대한 저연소성 연료(FL)의 공급량이 조절된다. 또, 일부 실시형태와 관련되는 연소기(4)에서는, H2 유량 조절부(244)에 있어서의 밸브 개방도가 H2 밸브 개방도 지령값에 대응하는 밸브 개방도로 설정되는 것에 의해, 제 2 연료 분사기(42)에 대한 고연소성 연료(FH)의 공급량이 조절된다.
- [0140] 이것에 의해, 연소 제어 장치(140)에서 연산되어 설정된 제 2 비율(R2)로, 저연소성 연료(FL) 및 고연소성 연료(FH)가 제 2 연료 분사기(42)에 공급된다.
- [0141] (CLCSO에 대해)
- [0142] 도 8은, 일부 실시형태와 관련되는 연소 제어 장치(140)에 있어서의 CLCSO의 산출 논리의 구성을 나타내는 블럭도이다.
- [0143] 연소 부하 지령값(CLCSO)은, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(T1T)를 무차원화한 파라미터로, 이 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(T1T)와 정의 상관관계를 가지는 (가스 터빈 입구 연소 가스 온도(T1T)에 비례하는) 파라미터이다. 이 CLCSO는, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(T1T)가 하한값인 때에 0%, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(T1T)가 상한값인 때에 100%가 되도록 설정된다. 예를 들면, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(T1T)의 하한값을 700℃, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(T1T)의 상한값을 1500℃으로 했을 때, CLCSO는 이하의 (1) 식으로 표현된다.

- [0144]  $CLCSO(\%) = \{(실출력 - 700^{\circ}C_{MW}) / (1500^{\circ}C_{MW} - 700^{\circ}C_{MW})\} \times 100 \dots (1)$
- [0145] 덧붙여 실출력은, 실측값의 가스 터빈 출력(발전기 출력)이다. 700°C<sub>MW</sub>는, 현시점에서의 가스 터빈(1)이 처해 있는 환경에서, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)가 하한값인 700°C인 때의 가스 터빈(1)의 출력(발전기 출력)이다. 또, 1500°C<sub>MW</sub>는, 현시점에서의 가스 터빈(1)의 환경하에서, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)가 상한값인 1500°C인 때의 가스 터빈(1)의 출력(발전기 출력)이다.
- [0146] 도 8에 도시하는 CLCSO의 산출 논리에 근거해 설명하면, 우선, 함수 발생기(151)에서는, 실측값의 흡기 온도와, IGV 개방도 지령값과, 제산기(153)로 실측값의 흡기 유량(전체의 압축 공기량에 상당)과 실측값의 터빈 바이패스 유량을 제산해서 구한 터빈 바이패스비(터빈 바이패스 유량/흡기 유량)에 근거해서, 1500°C<sub>MW</sub>(온조 MW)의 값을 산출한다. 즉, IGV 개방도, 흡기 온도 및 터빈 바이패스비를 고려한 1500°C<sub>MW</sub>의 값을 구한다.
- [0147] 함수 발생기(152)에서는, 흡기 온도와, IGV 개방도 지령값과, 터빈 바이패스비에 근거해서, 700°C<sub>MW</sub>의 값을 산출한다. 즉, IGV 개방도, 흡기 온도 및 터빈 바이패스비를 고려한 700°C<sub>MW</sub>의 값을 구한다.
- [0148] 제산기(154)에서는, 실측값의 흡기 압력(대기압)과, 시그널 제네레이터(161)에서 설정된 표준 대기압을 제산해서, 대기압비(흡기 압력/표준 대기압)를 구한다.
- [0149] 승산기(155)에서는, 함수 발생기(151)에서 구한 1500°C<sub>MW</sub>의 값과, 제산기(154)에서 구한 대기압비를 승산하는 것에 의해, 대기압비도 고려한 1500°C<sub>MW</sub>의 값을 구한다.
- [0150] 승산기(155)에서 구한 1500°C<sub>MW</sub>의 값은 학습 회로(162)를 거쳐서 감산기(157)에 출력되어도 괜찮고, 직접 감산기(157)로 출력되어도 괜찮다. 덧붙여 학습 회로(162)는, 가스 터빈(1)의 특성 열화 등에 기인하는 1500°C<sub>MW</sub>의 값의 어긋남을 보정하기 위한 것이다.
- [0151] 승산기(156)에서는, 함수 발생기(152)에서 구한 700°C<sub>MW</sub>의 값과 제산기(154)에서 구한 대기압비를 승산하는 것에 의해, 대기압비도 고려한 700°C<sub>MW</sub>의 값을 구한다.
- [0152] 감산기(157)에서는, 승산기(155)에서 구한 (또는 학습 회로(162)에서 보정된) 1500°C<sub>MW</sub>의 값으로부터 승산기(156)에서 구한 700°C<sub>MW</sub>의 값을 감산한다(1500°C<sub>MW</sub> - 700°C<sub>MW</sub>: 상기 (1)식 참조).
- [0153] 감산기(158)에서는, 실출력, 즉 실측값의 발전기 출력(가스 터빈 출력)으로부터 승산기(156)에서 구한 700°C<sub>MW</sub>의 값을 감산한다(실출력-700°C<sub>MW</sub>: 상기 (1)식 참조).
- [0154] 그리고, 제산기(159)에서는, 감산기(158)의 감산 결과와 감산기(157)의 감산 결과를 제산한다(상기 (1)식 참조). 이렇게 해서 CLCSO를 산출할 수가 있다. 덧붙여 CLCSO를 퍼센트로 나타내려면, 제산기(159)의 출력값에 100을 곱하면 좋다.
- [0155] 레이트 설정기(160)에서는, 가스 터빈 출력(발전기 출력)의 미소 변동 등에 의해 CLCSO가 미소 변동하는 것에 의해, 연료 유량을 조절하기 위한 각 밸브 등이 빈번하게 개폐 동작을 반복하는 일이 없도록 하기 위해, 제산기(159)로부터의 입력값을 곧바로 CLCSO로 해서 출력하는 것이 아니라, 소정의 증감 레이트로 제한해서 출력한다.
- [0156] 본 개시는 상술한 실시형태로 한정되지는 않으며, 상술한 실시형태에 변형을 가한 형태나, 이들 형태를 적당히 조합한 형태도 포함한다.
- [0157] 상기 각 실시형태에 기재된 내용은, 예를 들면 이하와 같이 파악된다.
- [0158] (1) 본 개시의 적어도 일 실시형태와 관련되는 가스 터빈 연소기(4)는, 제 1 연료 분사기(41)와, 제 2 연료 분사기(42)와, 제 1 연료 분사기(41) 및 제 2 연료 분사기(42)로부터 분사된 연료(F)가 연소하는 연소부로서의 연소기 라이너(46)와, 제 1 연료 분사기(41) 및 제 2 연료 분사기(42)에 대한 저연소성 연료(FL)의 공급량을 서로 독립해서 조절하기 위한 저연소성 연료 유량 조절부(240L)와, 제 1 연료 분사기(41) 및 제 2 연료 분사기(42)에 대한, 저연소성 연료(FL)보다 연소 속도가 높은 고연소성 연료(FH)의 공급량을 서로 독립해서 조절하기 위한 고연소성 연료 유량 조절부(240H)와, 컨트롤러로서의 연소 제어 장치(140)를 포함한다. 컨트롤러(연소 제어 장치(140))는, 가스 터빈(1)의 운전 상태에 따라, 제 1 연료 분사기(41)에 의해 분사되는 제 1 연료(F1) 전체에 대한 고연소성 연료(FH)의 제 1 비율(R1), 및, 제 2 연료 분사기(42)에 의해 분사되는 제 2 연료(F2) 전체에 대한 고연소성 연료(FH)의 제 2 비율(R2)의 상대비(R)가 변화하도록 저연소성 연료 유량 조절부(240L) 및 고연소성 연료 유량 조절부(240H)를 제어하도록 구성되어 있다.
- [0159] 상기 (1)의 구성에 의하면, 가스 터빈(1)의 운전 상태에 따라 상기 상대비(R)를 변화시키는 것에 의해, 튄다운

운전에 있어서의 출력 하한값을 작게 하는 것과 역화의 리스크를 낮추는 것의 양립을 도모할 수 있다.

- [0160] (2) 일부 실시형태에서는, 상기 (1)의 구성에 있어서, 제 1 연료 분사기(41) 및 제 2 연료 분사기(42)는, 운전 상태를 나타내는 지표가 제 1 값(a1)이 되는 경우에는, 제 1 값(a1)이 되는 경우보다 가스 터빈(1)의 부하가 고 부하가 되는 제 2 값(a2)이 되는 경우보다 제 1 비율(R1)을 제 2 비율(R2)로 나눈 값(즉 상대비(R)=R1/R2)이 커 지도록 상기 상대비(R)가 설정되면 좋다.
- [0161] 상기 (2)의 구성에 의하면, 운전 상태를 나타내는 지표가 제 1 값(a1)이 되는 경우에는 제 2 값(a2)이 되는 경우보다 제 1 비율(R1)을 제 2 비율(R2)로 나눈 값이 커지도록 상기 상대비(R)가 설정되므로, 제 1 연료 분사기 (41)가 제 2 연료 분사기(42)보다 역화의 리스크가 높은 연소기이면, 튼다운 운전에서 출력 하한값을 작 게 하는 것과 역화의 리스크를 낮추는 것의 양립을 도모하는데 있어서, 상기 상대비(R)가 바람직한 것이 된다.
- [0162] (3) 일부 실시형태에서는, 상기 (2)의 구성에 있어서, 컨트롤러(연소 제어 장치(140))는, 상기 지표가 제 1 값 (a1)이 되는 경우와 제 2 값(a2)이 되는 경우에, 제 1 비율(R1) 또는 제 2 비율(R2) 중 적어도 어느 하나가 다 르도록 저연소성 연료 유량 조절부(240L) 및 고연소성 연료 유량 조절부(240H)를 제어하도록 구성되어 있어도 괜찮다.
- [0163] 상기 (3)의 구성과 같이, 상기 지표가 제 1 값(a1)이 되는 경우와 제 2 값(a2)이 되는 경우에, 제 1 비율(R1) 또는 제 2 비율(R2) 중 적어도 어느 하나를 다르게 하는 것에 의해, 상기 지표가 제 1 값(a1)이 되는 경우와 제 2 값(a2)이 되는 경우에 상기 상대비(R)를 다르게 할 수가 있다.
- [0164] (4) 일부 실시형태에서는, 상기 (2) 또는 (3)의 구성에 있어서, 컨트롤러(연소 제어 장치(140))는, 상기 지표가 제 1 값(a1)이 되는 경우보다 제 2 값(a2)이 되는 경우가 제 1 비율(R1)이 작아지도록 저연소성 연료 유량 조절 부(240L) 및 고연소성 연료 유량 조절부(240H)를 제어하도록 구성되어 있어도 괜찮다.
- [0165] 상기 (4)의 구성에 의하면, 가스 터빈(1)의 부하가 비교적 커져도 제 1 연료 분사기(41)에 있어서의 역화의 리 스크를 억제할 수 있다.
- [0166] (5) 일부 실시형태에서는, 상기 (2) 내지 (4) 중 어느 하나의 구성에 있어서, 컨트롤러(연소 제어 장치(140))는, 상기 지표가 제 2 값(a2)이 되는 경우에 제 2 비율(R2)이 제 1 비율(R1) 이상이 되도록 저연소성 연료 유량 조절부(240L) 및 고연소성 연료 유량 조절부(240H)를 제어하도록 구성되어 있어도 괜찮다.
- [0167] 상기 (5)의 구성에 의하면, 예를 들면 제 1 연료 분사기(41)가 제 2 연료 분사기(42)보다 역화의 리스크가 높은 연소기이면, 가스 터빈(1)의 부하가 비교적 커졌을 경우에 제 1 연료 분사기(41)에 있어서의 역화의 리스크를 억제하면서, 제 2 연료 분사기(42)에 있어서의 제 2 비율(R2)을 비교적 크게 할 수가 있다. 예를 들면 고연소 성 연료(FH)가 수소 등의 환경 부하가 비교적 작은 연료이면, 제 2 비율(R2)을 비교적 크게 하는 것에 의해 환 경 부하를 억제할 수 있다.
- [0168] (6) 일부 실시형태에서는, 상기 (2) 내지 (5) 중 어느 하나의 구성에 있어서, 컨트롤러(연소 제어 장치(140))는, 상기 지표가 제 2 값(a2)이 되는 경우에 제 2 비율(R2)이 0.5 이상이 되도록 저연소성 연료 유량 조절부(240L) 및 고연소성 연료 유량 조절부(240H)를 제어하도록 구성되어 있어도 괜찮다.
- [0169] 상기 (6)의 구성에 의하면, 가스 터빈(1)의 부하가 비교적 커졌을 경우에 제 2 연료 분사기(42)에 있어서의 제 2 비율(R2)을 비교적 크게 할 수가 있다. 예를 들면 고연소성 연료(FH)가 수소 등의 환경 부하가 비교적 작은 연료이면, 제 2 비율(R2)을 비교적 크게 하는 것에 의해 환경 부하를 억제할 수 있다.
- [0170] (7) 일부 실시형태에서는, 상기 (1) 내지 (6) 중 어느 하나의 구성에 있어서, 제 1 연료 분사기(41)는, 예혼합 연소식의 연료 분사기여도 괜찮고, 제 2 연료 분사기(42)는, 확산 연소식의 연료 분사기여도 괜찮다.
- [0171] 일반적으로, 확산 연소식의 연료 분사기는 예혼합 연소식의 연료 분사기보다 역화의 리스크가 작은 연소기이다.
- [0172] 상기 (7)의 구성에 의하면, 제 2 연료 분사기(42)는, 제 1 연료 분사기(41)보다 역화의 리스크가 작은 연소기가 된다.
- [0173] (8) 일부 실시형태에서는, 상기 (1) 내지 (7) 중 어느 하나의 구성에 있어서, 제 1 연료 분사기(41)는, 제 2 연 료 분사기(42)의 주위에 복수 배치되어 있어도 괜찮다.
- [0174] 일반적으로, 연료 분사기가 다른 복수의 연료 분사기에 의해 주위가 둘러싸여 있는 경우, 주위가 둘러싸여 있는 연료 분사기는, 주위를 둘러싸고 있는 연료 분사기보다 역화의 리스크가 작아진다.

- [0175] 상기 (8)의 구성에 의하면, 제 2 연료 분사기(42)는, 제 1 연료 분사기(41)보다 역화의 리스크가 작은 연소기가 된다.
- [0176] (9) 일부 실시형태에서는, 상기 (1) 내지 (7) 중 어느 하나의 구성에 있어서, 제 1 연료 분사기(41)는 제 2 연료 분사기(42)와 동측으로 배치되고, 제 2 연료 분사기(42)의 주위로부터 제 1 연료(F1)를 분사하도록 구성되어 있어도 괜찮다.
- [0177] 일반적으로, 한쪽의 연료 분사기가 다른쪽의 연료 분사기와 동측에 배치되고, 다른쪽의 연료 분사기의 주위로부터 한쪽의 연료 분사기가 연료를 분사하도록 각각의 연료 분사기가 구성되어 있는 경우, 다른쪽의 연료 분사기는, 한쪽의 연료 분사기보다 역화의 리스크가 작아진다.
- [0178] 상기 (9)의 구성에 의하면, 제 2 연료 분사기(42)는, 제 1 연료 분사기(41)보다 역화의 리스크가 작은 연소기가 된다.
- [0179] (10) 일부 실시형태에서는, 상기 (1) 내지 (9) 중 어느 하나의 구성에 있어서, 운전 상태를 나타내는 지표는, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)이어도 괜찮다.
- [0180] 일반적으로, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)는, 예를 들면 가스 터빈(1)의 부하(가스 터빈 출력)와 비교해서, 가스 터빈(1)의 운전 상태를 보다 정확하게 나타내는 지표이다.
- [0181] 상기 (10)의 구성에 의하면, 상기 상대비(R)를 가스 터빈(1)의 운전 상태를 보다 정확하게 반영된 것으로 할 수가 있으므로, 상기 상대비(R)의 제어 정밀도를 향상할 수 있다.
- [0182] (11) 일부 실시형태에서는, 상기 (1) 내지 (9) 중 어느 하나의 구성에 있어서, 운전 상태를 나타내는 지표는, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)를 무차원화한 값(CLCSO)이어도 괜찮다.
- [0183] 상술한 것처럼, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)는, 예를 들면 가스 터빈(1)의 부하(가스 터빈 출력)와 비교해서, 가스 터빈(1)의 운전 상태를 보다 정확하게 나타내는 지표이다. 그러나, 근년의 가스 터빈에서는, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)가 고온화하고 있어, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)를 장시간 계측하는 것이 곤란해지고 있다.
- [0184] 상기 (11)의 구성에 의하면, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)를 무차원화한 값(CLCSO)을 상기 지표로 하는 것에 의해, 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)를 장시간 계측할 필요가 없어져서, 상기 상대비(R)의 제어 정밀도를 용이하게 향상할 수 있다.
- [0185] (12) 일부 실시형태에서는, 상기 (1) 내지 (9) 중 어느 하나의 구성에 있어서, 운전 상태를 나타내는 지표는, 가스 터빈(1)의 부하여도 괜찮다.
- [0186] 가스 터빈(1)의 부하는, 예를 들면 가스 터빈 입구 연소 가스 온도(TIT)와 비교하면 가스 터빈(1)의 운전 상태를 나타내는 지표로서는 정밀도가 뒤떨어지지만, 값의 취득은 용이하다.
- [0187] 상기 (12)의 구성에 의하면, 가스 터빈(1)의 부하를 상기 지표로 하는 것에 의해, 상기 상대비(R)를 제어하기 위한 구성을 간소화할 수 있다.
- [0188] (13) 일부 실시형태에서는, 상기 (1) 내지 (12) 중 어느 하나의 구성에 있어서, 저연소성 연료(FL)는, 천연 가스여도 괜찮고, 고연소성 연료(FH)는, 수소, 프로판, 또는 수소와 프로판의 혼합물 중 어느 하나여도 괜찮다.
- [0189] 상기 (13)의 구성과 같이, 저연소성 연료(FL)는, 가스 터빈(1)의 일반적인 연료인 천연 가스여도 괜찮다. 이 경우에, 고연소성 연료(FH)는, 천연 가스보다 연소 속도가 높은 연료인, 수소, 프로판, 또는 수소와 프로판의 혼합물 중 어느 하나여도 괜찮다. 이것에 의해, 연료(F)의 코스트의 증가를 억제할 수 있다.
- [0190] (14) 본 개시의 적어도 일 실시형태와 관련되는 가스 터빈(1)은, 상기 (1) 내지 (13) 중 어느 하나의 구성의 가스 터빈 연소기(4)를 포함한다.
- [0191] 상기 (14)의 구성에 의하면, 턴다운 운전에 있어서의 출력 하한값을 작게 하는 것과 역화의 리스크를 낮추는 것의 양립을 도모할 수가 있어, 가스 터빈(1)의 운용대를 넓힐 수가 있다.

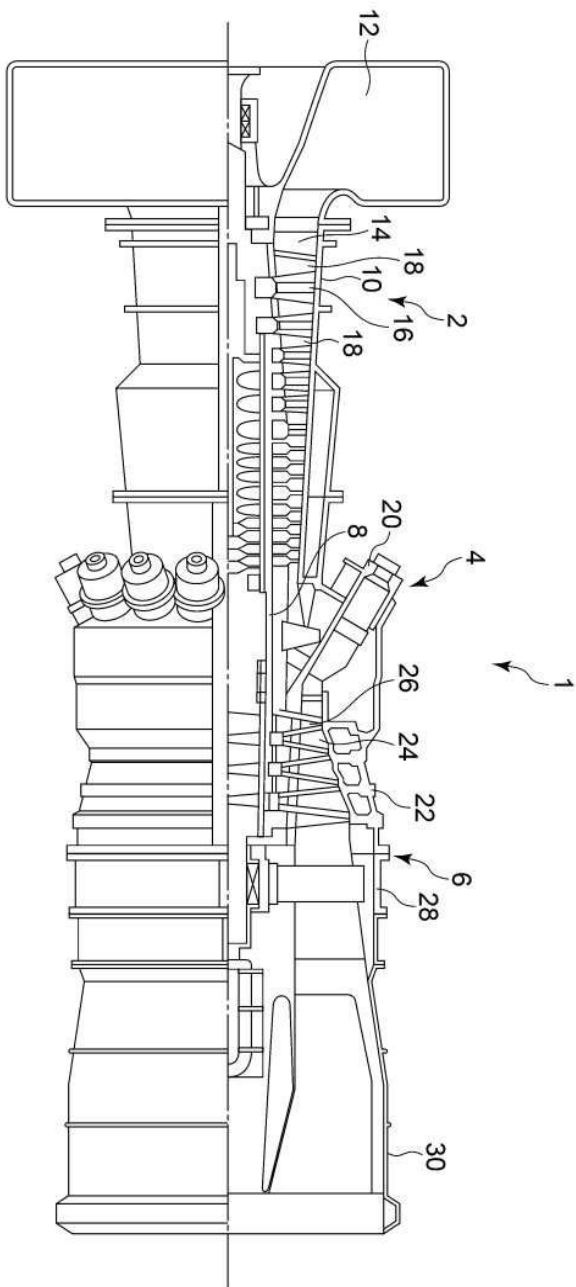
**부호의 설명**

- [0192] 1 가스 터빈

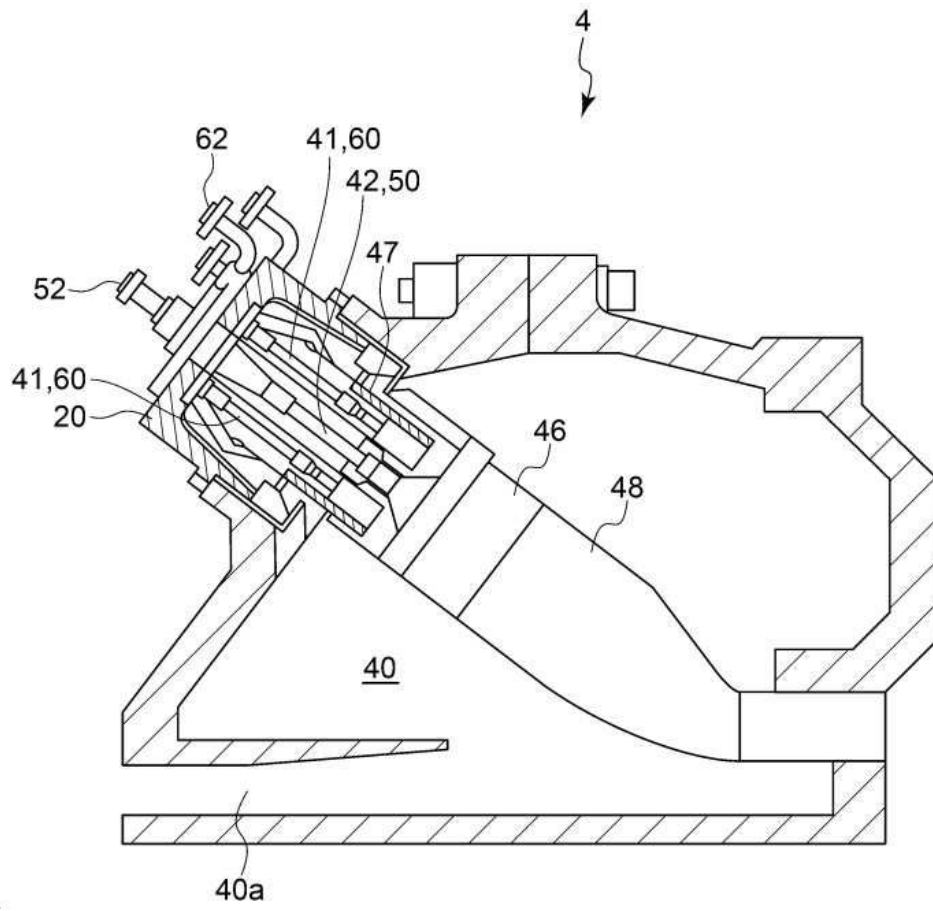
- 2 압축기
- 4 가스 터빈 연소기(연소기)
- 6 터빈
- 41 제 1 연료 분사기
- 42 제 2 연료 분사기
- 46 연소기 라이너
- 50 파일럿 연소 버너
- 60 메인 연소 버너
- 140 연소 제어 장치
- 200 공급 계통
- 240L 저연소성 연료 유량 조절부
- 240H 고연소성 연료 유량 조절부

도면

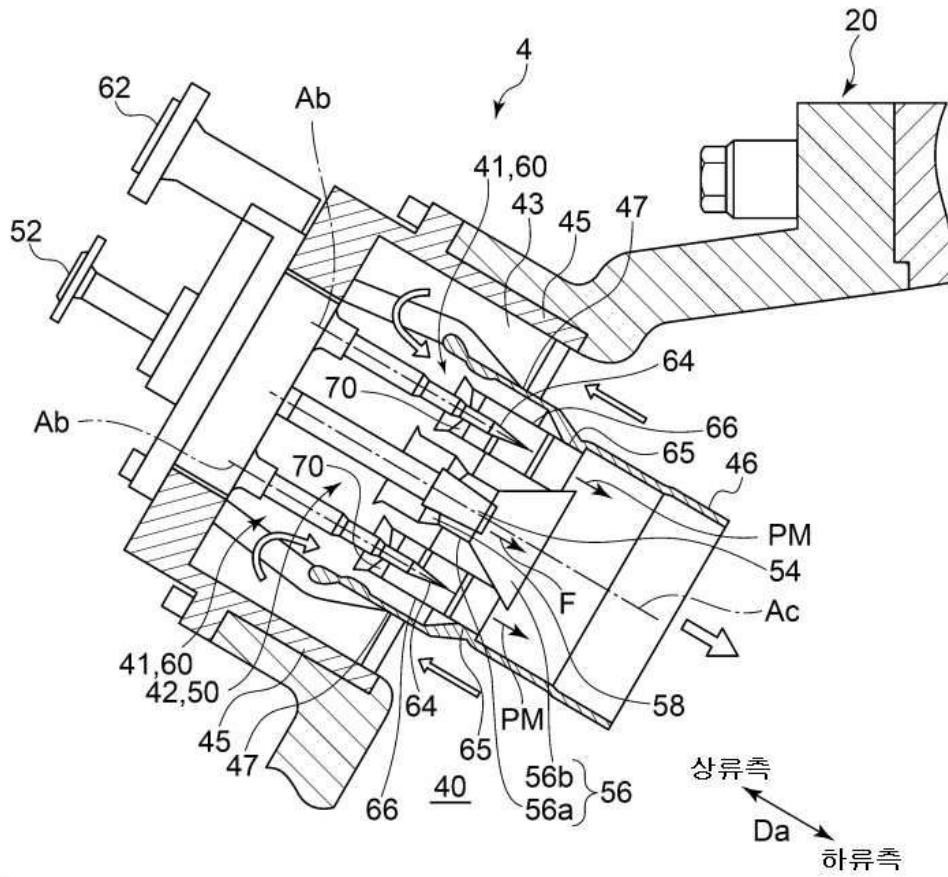
도면1



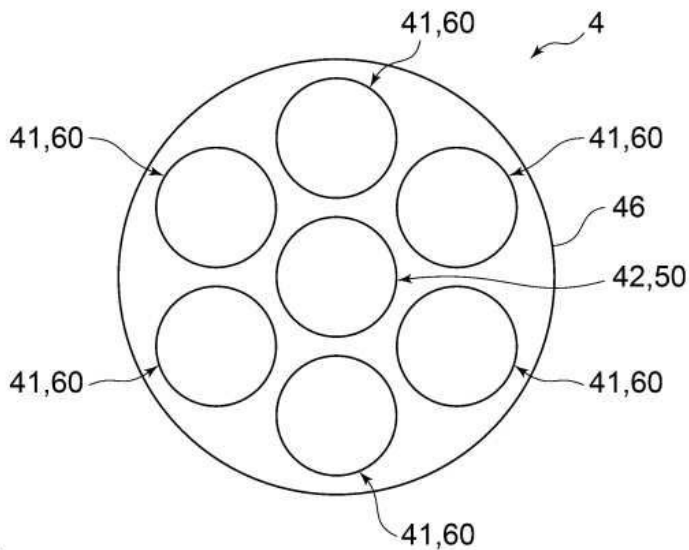
도면2



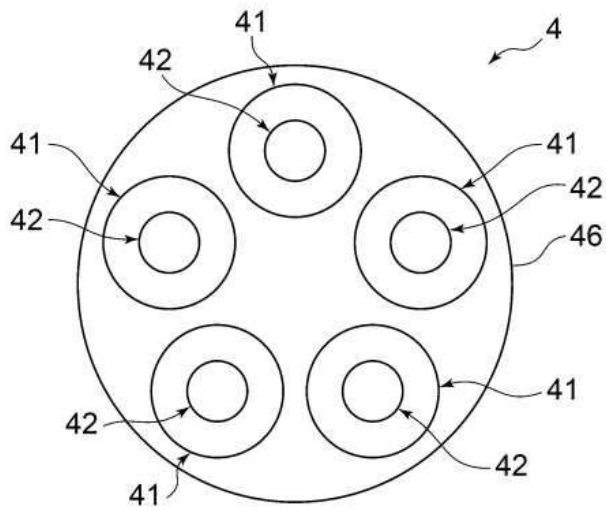
도면3



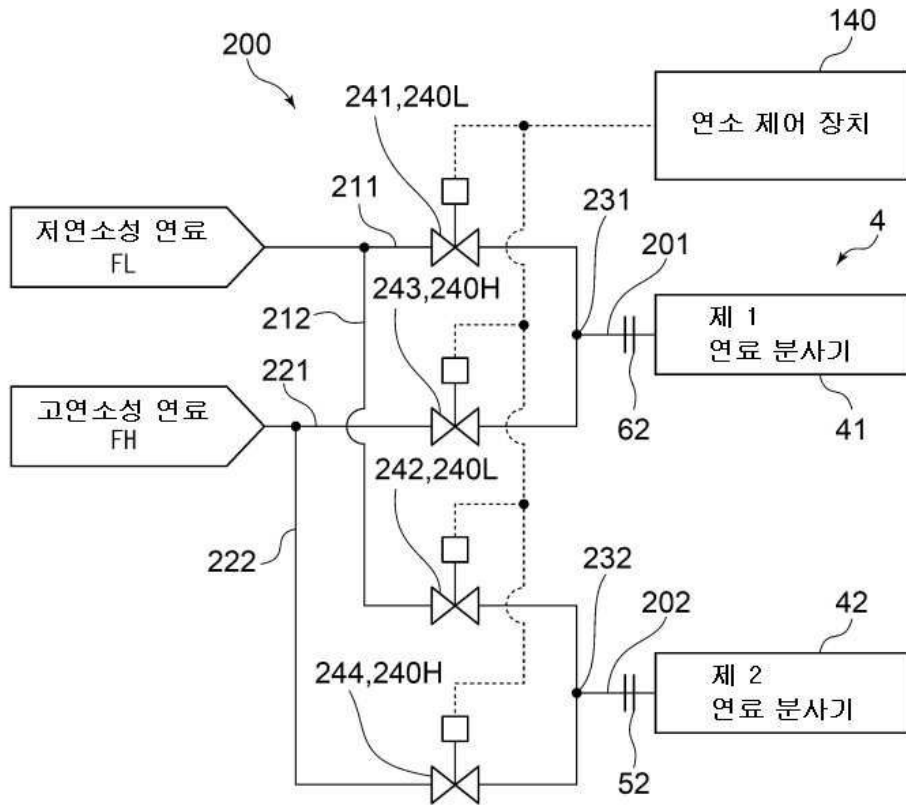
도면4a



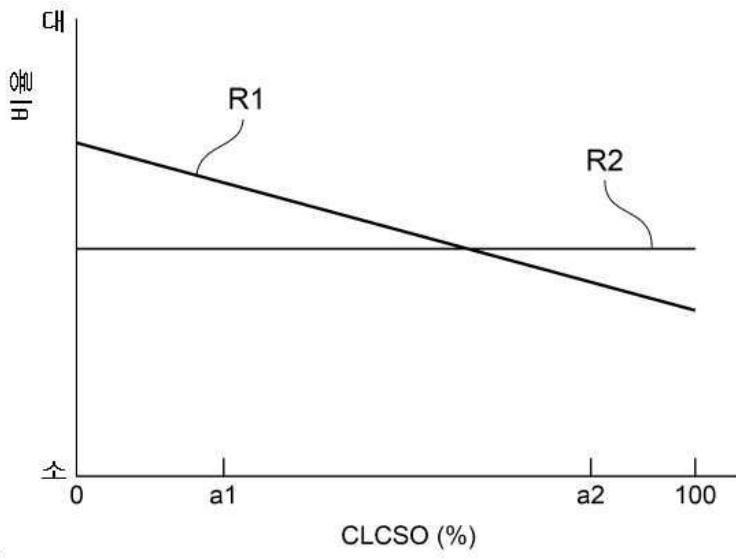
도면4b



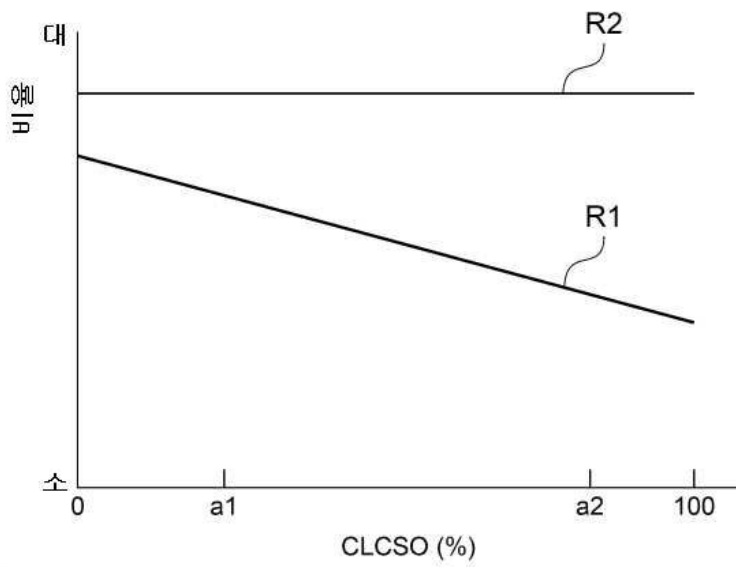
도면5



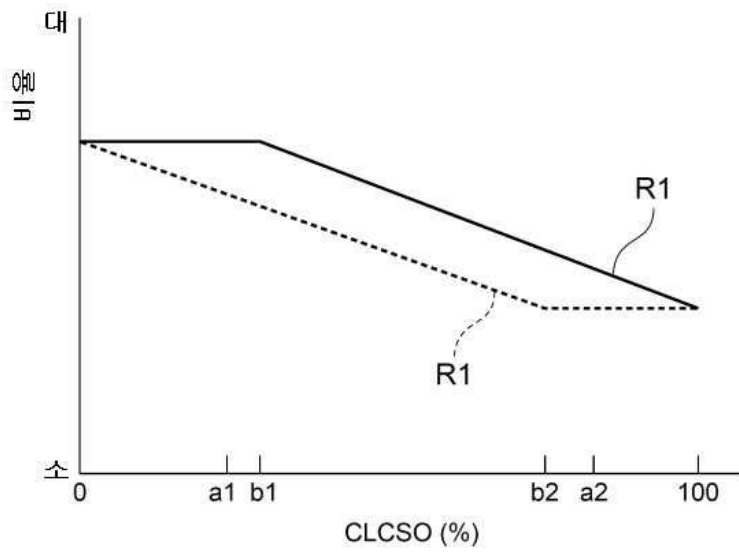
도면6a



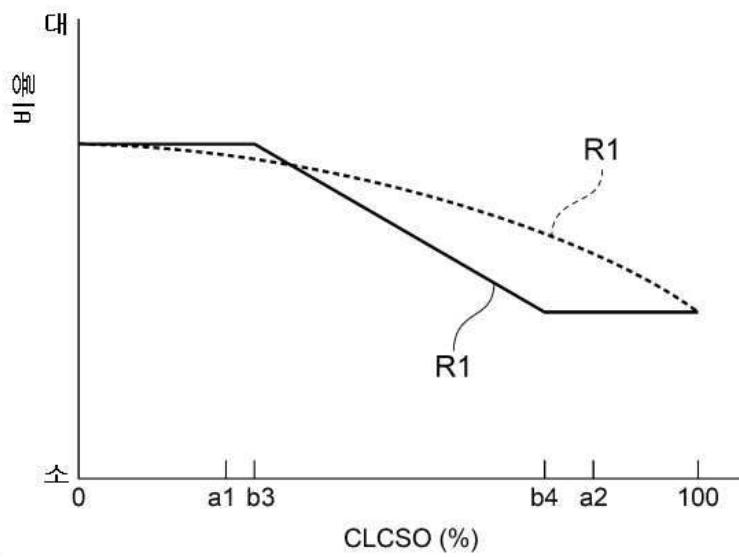
도면6b



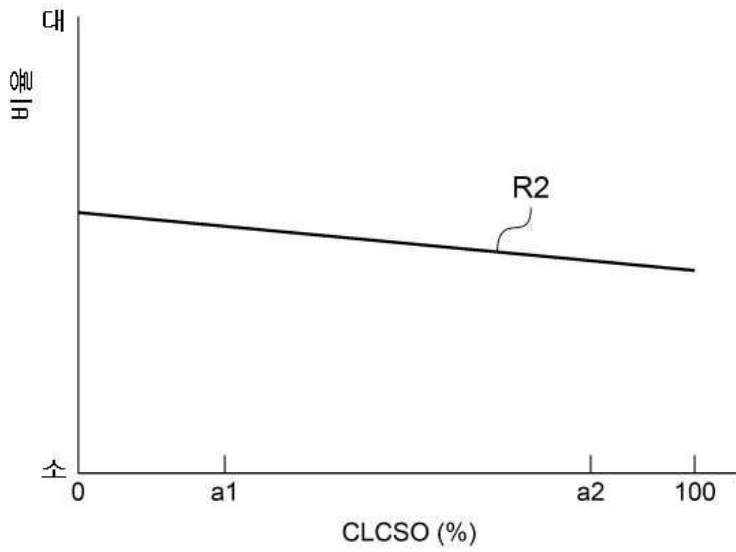
도면6c



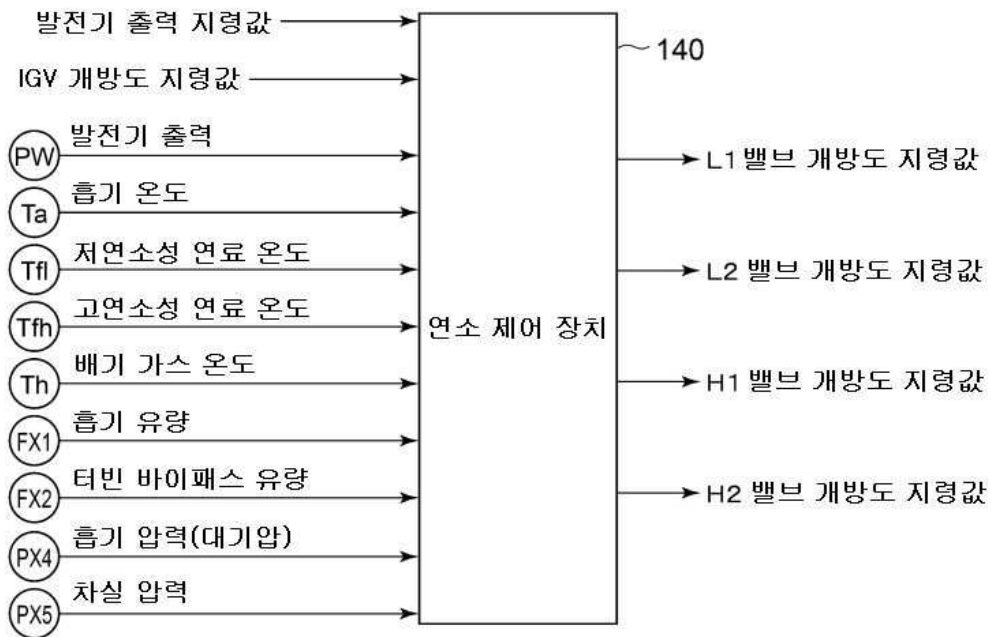
도면6d



도면6e



도면7



도면8

