



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0007552
(43) 공개일자 2022년01월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F02D 41/14 (2006.01) F02D 41/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F02D 41/1401 (2013.01)
F02D 41/0007 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0090220
(22) 출원일자 2021년07월09일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
JP-P-2020-119229 2020년07월10일 일본(JP)

(71) 출원인
나부테스코 가부시키키가이샤
일본 도쿄도 지요다쿠 히라카와쵸 2쵸메 7방 9고
고쿠리츠젠큐카이하츠호진 가이쵸 · 고완 · 고쿠기
쥬츠젠큐쵸
일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6쵸메 38반 1고
(72) 발명자
가와타니 도루
일본 도쿄도 지요다쿠 히라카와쵸 2쵸메 7방 9고
나부테스코 가부시키키가이샤 내
후지와라 마코토
일본 도쿄도 지요다쿠 히라카와쵸 2쵸메 7방 9고
나부테스코 가부시키키가이샤 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
장수길, 정연태, 성재동

전체 청구항 수 : 총 21 항

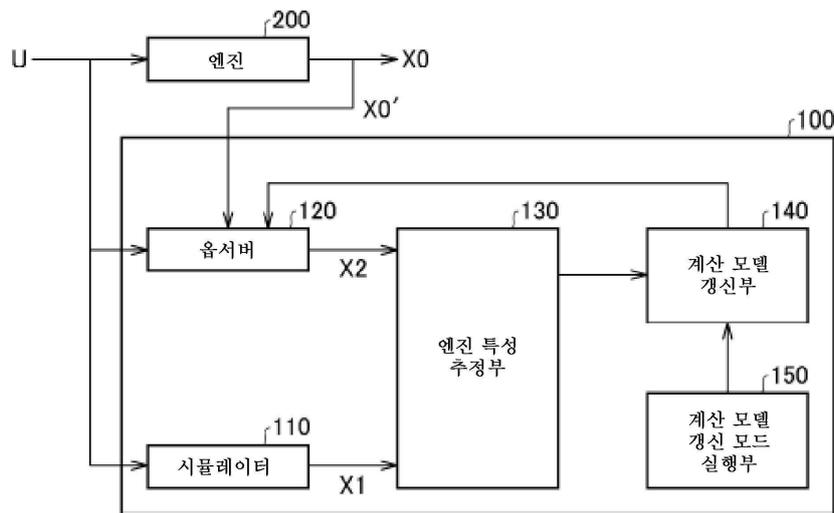
(54) 발명의 명칭 엔진 특성 추정 장치, 엔진 특성 추정 방법, 엔진 특성 추정 프로그램, 및 엔진 상태 추정 장치

(57) 요약

엔진의 특성의 변화를 고정밀도로 추정할 수 있는 엔진 특성 추정 장치를 제공한다.

엔진 특성 추정 장치(100)는, 제1 계산 모델과 엔진(200)으로의 연료 공급량에 기초하여 제1 엔진 상태 파라미터 X1을 계산하는 제1 계산부와, 제2 계산 모델과 엔진(200)의 동작 데이터에 기초하여 제2 엔진 상태 파라미터 X2를 계산하는 제2 계산부와, 제1 엔진 상태 파라미터 X1 및 제2 엔진 상태 파라미터 X2에 기초하여 엔진(200)의 특성을 추정하는 엔진 특성 추정부(130)를 구비한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

F02D 41/1454 (2013.01)
F02D 2041/1409 (2013.01)
F02D 2041/1433 (2013.01)

(72) 발명자

사사지마 미키로

일본 도쿄도 지요다쿠 히라카와쵸 2쵸메 7방 9고
나부테스코 가부시키키가이샤 내

후쿠시마 게이이치로

일본 도쿄도 지요다쿠 히라카와쵸 2쵸메 7방 9고
나부테스코 가부시키키가이샤 내

본다렌코 올렉시

일본 도쿄도 미타카시 신카와 6-38-1 고쿠리츠젠큐
카이하츠호진 가이쵸 · 고완 · 고쿠기쥬츠젠큐쵸 내

기타가와 야스시

일본 도쿄도 미타카시 신카와 6-38-1 고쿠리츠젠큐
카이하츠호진 가이쵸 · 고완 · 고쿠기쥬츠젠큐쵸 내

명세서

청구범위

청구항 1

엔진의 특성을 나타내는 제1 계산 모델과, 임의의 시점에 있어서 상기 엔진에 공급되는 연료 공급량에 기초하여 상기 엔진의 상태 변수인 제1 엔진 상태 파라미터를 계산하는 제1 계산부와,

상기 엔진의 특성을 나타내는 상기 제1 계산 모델과 다른 제2 계산 모델과, 상기 임의의 시점에 있어서 구동되고 있는 상기 엔진의 동작에 관한 동작 데이터에 기초하여 상기 엔진의 상태 변수인 제2 엔진 상태 파라미터를 계산하는 제2 계산부와,

상기 제1 엔진 상태 파라미터 및 상기 제2 엔진 상태 파라미터에 기초하여 상기 임의의 시점에 있어서의 상기 엔진의 특성을 추정하는 엔진 특성 추정부를

구비하는, 엔진 특성 추정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 계산 모델은, 상기 엔진의 초기 상태의 특성을 나타내는,

엔진 특성 추정 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 엔진 특성 추정부에서 추정된 상기 엔진의 특성에 기초하여 상기 제2 계산 모델을 갱신하는 계산 모델 갱신부를 구비하는,

엔진 특성 추정 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제2 계산 모델은, 상기 제2 계산부의 특성을 나타내는 시스템 계수 행렬을 포함하고,

상기 계산 모델 갱신부는, 상기 시스템 계수 행렬 중의 적어도 하나의 요소를 갱신하는,

엔진 특성 추정 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 엔진 특성 추정부는, 상기 제1 엔진 상태 파라미터와 상기 제2 엔진 상태 파라미터의 차분을 연산하는 차분 연산부를 구비하며, 당해 차분에 기초하여 상기 엔진의 특성을 추정하고,

상기 계산 모델 갱신부는, 상기 차분이 소정의 역치를 초과한 경우에 상기 제2 계산 모델을 갱신하는,

엔진 특성 추정 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 계산 모델 갱신부는, 상기 차분이 상기 역치를 초과하는 상태가 소정 시간 계속된 경우에 상기 제2 계산 모델을 갱신하는,

엔진 특성 추정 장치.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 계산 모델 갱신부에 의한 상기 제2 계산 모델의 갱신을 행하기 위한 갱신 모드를 실행하는 계산 모델 갱신 모드 실행부를 구비하고,

상기 계산 모델 갱신부는, 상기 갱신 모드 중에 상기 엔진 특성 추정부에서 추정된 상기 엔진의 특성에 기초하여 상기 제2 계산 모델을 갱신하는,

엔진 특성 추정 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 엔진 특성 추정부는, 상기 엔진의 특성으로서, 연소 효율, 동력 전달 효율, 동적 특성, 엔진 본체에 유입되는 공기의 압력을 높이는 과급기의 효율, 엔진으로의 외란 영향 중 적어도 하나를 추정하는,

엔진 특성 추정 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 엔진 특성 추정부는, 상기 제1 엔진 상태 파라미터와 상기 제2 엔진 상태 파라미터의 차분을 연산하는 차분 연산부를 구비하며, 당해 차분에 기초하여 상기 엔진의 특성을 추정하는,

엔진 특성 추정 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 차분 연산부는, 복수의 차분기를 구비하고,

당해 복수의 차분기는, 상기 제1 엔진 상태 파라미터에 포함되는 복수의 파라미터와, 그것들에 대응하는 상기 제2 엔진 상태 파라미터에 포함되는 복수의 파라미터의 각각의 차분을 연산하는,

엔진 특성 추정 장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 동작 데이터는, 엔진 본체의 동작에 관한 엔진 본체 데이터와, 상기 엔진 본체에 유입되는 공기의 압력을 높이는 과급기의 동작에 관한 과급기 데이터를 포함하는,

엔진 특성 추정 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 엔진 본체 데이터는, 상기 엔진 본체의 회전수, 배기온, 배기압, 배기량 중 적어도 하나를 포함하는,

엔진 특성 추정 장치.

청구항 13

제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 과급기 데이터는, 상기 과급기의 회전수, 급기온, 급기압, 급기량, 소기온, 소기압, 소기량 중 적어도 하

나를 포함하는,
엔진 특성 추정 장치.

청구항 14

제1항에 있어서,
상기 동작 데이터는, 상기 엔진의 기계적인 동작에 관한 기계적 데이터와, 상기 엔진의 열역학적 상태에 관한 열역학적 데이터를 포함하는,
엔진 특성 추정 장치.

청구항 15

제14항에 있어서,
상기 기계적 데이터는, 엔진 본체의 회전수, 상기 엔진 본체에 유입되는 공기의 압력을 높이는 과급기의 회전수 중 적어도 하나를 포함하는,
엔진 특성 추정 장치.

청구항 16

제14항 또는 제15항에 있어서,
상기 열역학적 데이터는, 배기온, 배기압, 배기량, 급기온, 급기압, 급기량, 소기온, 소기압, 소기량 중 적어도 하나를 포함하는,
엔진 특성 추정 장치.

청구항 17

제1항에 있어서,
상기 제2 계산부는, 상기 동작 데이터에 추가해서 상기 연료 공급량에 기초하여 상기 제2 엔진 상태 파라미터를 계산하는,
엔진 특성 추정 장치.

청구항 18

제1항에 있어서,
상기 엔진은, 정격 회전수가 매분 1000회전 이하인 선박용 엔진인,
엔진 특성 추정 장치.

청구항 19

엔진의 특성을 나타내는 제1 계산 모델과, 임의의 시점에 있어서 상기 엔진에 공급되는 연료 공급량에 기초하여 상기 엔진의 상태 변수인 제1 엔진 상태 파라미터를 계산하는 제1 계산 스텝과,
상기 엔진의 특성을 나타내는 상기 제1 계산 모델과 다른 제2 계산 모델과, 상기 임의의 시점에 있어서 구동되고 있는 상기 엔진의 동작에 관한 동작 데이터에 기초하여 상기 엔진의 상태 변수인 제2 엔진 상태 파라미터를 계산하는 제2 계산 스텝과,
상기 제1 엔진 상태 파라미터 및 상기 제2 엔진 상태 파라미터에 기초하여 상기 임의의 시점에 있어서의 상기 엔진의 특성을 추정하는 엔진 특성 추정 스텝을
갖는, 엔진 특성 추정 방법.

청구항 20

엔진의 특성을 나타내는 제1 계산 모델과, 임의의 시점에 있어서 상기 엔진에 공급되는 연료 공급량에 기초하여

상기 엔진의 상태 변수인 제1 엔진 상태 파라미터를 계산하는 제1 계산 스텝과,

상기 엔진의 특성을 나타내는 상기 제1 계산 모델과 다른 제2 계산 모델과, 상기 임의의 시점에 있어서 구동되고 있는 상기 엔진의 동작에 관한 동작 데이터에 기초하여 상기 엔진의 상태 변수인 제2 엔진 상태 파라미터를 계산하는 제2 계산 스텝과,

상기 제1 엔진 상태 파라미터 및 상기 제2 엔진 상태 파라미터에 기초하여 상기 임의의 시점에 있어서의 상기 엔진의 특성을 추정하는 엔진 특성 추정 스텝을

컴퓨터에 실행시키는, 엔진 특성 추정 프로그램.

청구항 21

엔진의 특성을 나타내는 제1 계산 모델과, 임의의 시점에 있어서 상기 엔진에 공급되는 연료 공급량에 기초하여 상기 엔진의 상태 변수인 제1 엔진 상태 파라미터를 계산하는 제1 계산부와,

상기 엔진의 특성을 나타내는 상기 제1 계산 모델과 다른 제2 계산 모델과, 상기 임의의 시점에 있어서 구동되고 있는 상기 엔진의 동작에 관한 동작 데이터에 기초하여 상기 엔진의 상태 변수인 제2 엔진 상태 파라미터를 계산하는 제2 계산부와,

상기 제1 엔진 상태 파라미터 및 상기 제2 엔진 상태 파라미터에 기초하여 상기 임의의 시점에 있어서의 상기 엔진의 상태를 추정하는 엔진 상태 추정부를

구비하는, 엔진 상태 추정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 엔진의 특성 추정 기술 및 상태 추정 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 엔진은 선박, 자동차, 항공기 등에서 널리 이용되고 있는데, 환경 문제에 대한 의식도 높아져, 근년 더한층의 고효율화가 요구되고 있다. 엔진의 효율을 높이기 위해서는, 엔진의 상태를 고정밀도로 추정하고, 그 추정 결과에 기초하여 엔진을 최적으로 제어할 필요가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 일본 특허 공표 제2009-510327호 공보

(특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2015-222074호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 특허문헌 1에는, 상태 옵서버에 의해 엔진의 상태를 추정하는 기술이 개시되어 있다. 상태 옵서버는, 엔진의 특성을 나타내는 행렬을 사용하여, 엔진의 각종 측정 데이터로부터 엔진의 상태를 나타내는 파라미터를 연산한다. 이 연산에서는, 행렬이 엔진의 특성을 정확하게 나타내고 있는 경우는, 엔진의 상태 파라미터를 고정밀도로 산출할 수 있다. 한편, 경년 열화나 흡기 온도 등의 외부 환경의 변화에 의해 엔진의 특성이 변화된 경우는, 행렬이 엔진의 특성을 정확하게 반영한 것은 아니므로, 엔진의 상태의 추정 정밀도가 저하되어 버린다.

[0005] 본 발명은 이러한 상황에 비추어 이루어진 것이며, 그 목적은 엔진의 특성이 변화된 경우라도, 그것을 고정밀도로 추정할 수 있는 엔진 특성 추정 장치를 제공하는 데 있다. 또한, 본 발명의 다른 목적은, 엔진의 상태를 고정밀도로 추정할 수 있는 엔진 상태 추정 장치를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0006] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 일 양태의 엔진 특성 추정 장치는, 엔진의 특성을 나타내는 제1 계산 모델과, 임의의 시점에 있어서 엔진에 공급되는 연료 공급량에 기초하여 엔진의 상태 변수인 제1 엔진 상태 파라미터를 계산하는 제1 계산부와, 엔진의 특성을 나타내는 제1 계산 모델과 다른 제2 계산 모델과, 임의의 시점에 있어서 구동되고 있는 엔진의 동작에 관한 동작 데이터에 기초하여 엔진의 상태 변수인 제2 엔진 상태 파라미터를 계산하는 제2 계산부와, 제1 엔진 상태 파라미터 및 제2 엔진 상태 파라미터에 기초하여 임의의 시점에 있어서의 엔진의 특성을 추정하는 엔진 특성 추정부를 구비한다.
- [0007] 이 양태에 있어서, 제1 계산부의 계산에서 사용되는 연료 공급량은, 경년 열화나 흡기 온도 등의 외부 환경의 변화에 의한 엔진의 특성 변화의 영향을 받지 않는 데이터이므로, 그 계산 결과인 제1 엔진 상태 파라미터는 엔진의 특성 변화의 영향을 받지 않는다. 이에 비해, 제2 계산부의 계산에서 사용되는 엔진의 동작 데이터는, 엔진의 특성 변화의 영향을 받는 데이터이므로, 그 계산 결과인 제2 엔진 상태 파라미터는 엔진의 특성 변화의 영향을 받는다. 이와 같이 엔진 특성 변화의 영향이 다른 2종류의 엔진 상태 파라미터를 사용함으로써, 엔진 특성 추정부는 엔진의 특성 변화를 고정밀도로 추정할 수 있다. 또한, 엔진의 특성 변화가 없는 경우라도, 계산 모델이 다른 2개의 계산부를 병용함으로써 엔진의 상태를 고정밀도로 추정할 수 있다.
- [0008] 본 발명의 다른 양태는, 엔진 특성 추정 방법이다. 이 방법은, 엔진의 특성을 나타내는 제1 계산 모델과, 임의의 시점에 있어서 엔진에 공급되는 연료 공급량에 기초하여 엔진의 상태 변수인 제1 엔진 상태 파라미터를 계산하는 제1 계산 스텝과, 엔진의 특성을 나타내는 제1 계산 모델과 다른 제2 계산 모델과, 임의의 시점에 있어서 구동되고 있는 엔진의 동작에 관한 동작 데이터에 기초하여 엔진의 상태 변수인 제2 엔진 상태 파라미터를 계산하는 제2 계산 스텝과, 제1 엔진 상태 파라미터 및 제2 엔진 상태 파라미터에 기초하여 임의의 시점에 있어서의 엔진의 특성을 추정하는 엔진 특성 추정 스텝을 갖는다.
- [0009] 본 발명의 다른 양태는, 엔진 상태 추정 장치이다. 이 장치는, 엔진의 특성을 나타내는 제1 계산 모델과, 임의의 시점에 있어서 엔진에 공급되는 연료 공급량에 기초하여 엔진의 상태 변수인 제1 엔진 상태 파라미터를 계산하는 제1 계산부와, 엔진의 특성을 나타내는 제1 계산 모델과 다른 제2 계산 모델과, 임의의 시점에 있어서 구동되고 있는 엔진의 동작에 관한 동작 데이터에 기초하여 엔진의 상태 변수인 제2 엔진 상태 파라미터를 계산하는 제2 계산부와, 제1 엔진 상태 파라미터 및 제2 엔진 상태 파라미터에 기초하여 임의의 시점에 있어서의 엔진의 상태를 추정하는 엔진 상태 추정부를 구비한다.
- [0010] 이 양태에 의하면, 계산 모델이 다른 2개의 계산부를 병용함으로써 엔진의 상태를 고정밀도로 추정할 수 있다.
- [0011] 또한, 이상의 구성 요소의 임의의 조합, 본 발명의 표현을 방법, 장치, 시스템, 기록 매체, 컴퓨터 프로그램 등의 사이에서 변환한 것도 또한, 본 발명의 양태로서 유효하다.

발명의 효과

- [0012] 본 발명에 따르면, 엔진의 특성이 변화된 경우라도, 그것을 고정밀도로 추정할 수 있다. 또한, 엔진의 상태를 고정밀도로 추정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 실시 형태에 관한 엔진 특성 추정 장치의 전체 구성을 도시하는 도면이다.
- 도 2는 엔진의 구성을 도시하는 도면이다.
- 도 3은 다른 엔진의 구성을 도시하는 도면이다.
- 도 4는 시뮬레이터와 웹서버의 구성을 도시하는 도면이다.
- 도 5는 엔진 특성 추정부의 구성을 도시하는 도면이다.
- 도 6은 엔진 특성 추정 장치에 의한 엔진 특성 추정의 처리 플로를 나타내는 흐름도이다.
- 도 7은 엔진 특성 추정 장치에 의한 엔진 특성 추정의 일례를 도시하는 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 도 1은 본 실시 형태에 관한 엔진 특성 추정 장치(100)의 전체 구성을 도시하는 모식도이다. 먼저, 엔진 특성

추정 장치(100)에 의한 특성 추정의 대상인 엔진(200)은, 1연소당의 연료 공급량 U 로 지정되는 양의 연료 공급을 받아 구동되어, 동력을 발생시킨다. 그리고 그 동작 상태에 따라서 엔진(200)의 상태 변수인 상태 파라미터 X_0 가 변화된다. 여기서, X_0 는 복수의 파라미터를 포함하는 벡터이다(2 이상의 자연수 n 을 파라미터수로 하여, 각 파라미터를 $X_{01}, X_{02}, \dots, X_{0n}$ 으로 나타냄). 엔진(200)의 상태 파라미터 X_0 로서 무엇을 선택할지는 엔진 시스템의 제어 목표나 사양에 따라서 적절하게 결정할 수 있는데, 전형적으로는 엔진 본체의 회전수, 배기압, 배기온, 배기량 등을 선택하는 것이 바람직하다. 또한, 엔진 본체에 유입되는 공기의 압력을 높이는 과급기를 사용하는 경우는, 과급기의 파라미터, 예를 들어 회전수, 급기온, 급기압, 급기량, 소기온, 소기압, 소기량 등을 상태 파라미터 X_0 중에 포함하는 것이 바람직하다.

[0015] 또한, 본 실시 형태의 엔진 특성 추정에 있어서는, 엔진(200)이 외부에 대해 발생시키는 동력보다, 엔진(200) 내부의 상태 파라미터 X_0 에 주목하는 것이 중요하므로, 엔진(200)은 1연소당의 연료 공급량 U 의 입력에 기초하여 상태 파라미터 X_0 를 출력하는 블록으로서 도시되어 있다.

[0016] 엔진 특성 추정 장치(100)는, 엔진(200)의 특성 추정을 행하는 장치이며, 제1 계산부로서의 시뮬레이터(110)와, 제2 계산부로서의 옵서버(120)와, 엔진 특성 추정부(130)와, 계산 모델 갱신부(140)와, 계산 모델 갱신 모드 실행부(150)를 구비한다.

[0017] 시뮬레이터(110)는, 엔진(200)의 특성을 나타내는 제1 계산 모델과, 임의의 시점에 있어서 엔진(200)에 공급되는 1연소당의 연료 공급량 U 에 기초하여 엔진(200)의 상태 변수인 제1 엔진 상태 파라미터 X_1 를 계산한다. 여기서, X_1 는 복수의 파라미터를 포함하는 벡터이다(파라미터수는 상태 파라미터 X_0 와 마찬가지로 n 이며, 각 파라미터를 $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1n}$ 으로 함).

[0018] 옵서버(120)는, 엔진(200)의 특성을 나타내는 제1 계산 모델과 다른 제2 계산 모델과, 임의의 시점에 있어서 구동되고 있는 엔진(200)의 동작에 관한 동작 데이터 X_0' 및 1연소당의 연료 공급량 U 에 기초하여 엔진(200)의 상태 변수인 제2 엔진 상태 파라미터 X_2 를 계산한다. 여기서, X_2 는 복수의 파라미터를 포함하는 벡터이다(파라미터수는 상태 파라미터 X_0 와 마찬가지로 n 이며, 벡터의 요소를 $X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2n}$ 으로 함).

[0019] 옵서버(120)에의 입력인 동작 데이터 X_0' 은, 엔진(200)의 상태 파라미터 X_0 에 포함되는 일부(1 이상 n 미만)의 상태 파라미터이다. 실제의 엔진(200)에 있어서는, 상태 파라미터 X_0 에 포함되는 n 개 모든 파라미터를 측정하는 센서를 마련하는 것은 비용이나 설치상의 제약에 의해 현실적이지는 않으므로, 일부의 파라미터 X_0' 만이 측정되어 옵서버(120)에의 입력이 된다. 그 일부의 파라미터 X_0' 을 보완하여, 모든 상태 파라미터 X_2 를 추정하는 것이 옵서버(120)의 기본적인 기능이다.

[0020] 엔진 특성 추정부(130)는, 제1 엔진 상태 파라미터 X_1 및 제2 엔진 상태 파라미터 X_2 에 기초하여 임의의 시점에 있어서의 엔진(200)의 특성을 추정한다. 구체적으로는, 제1 엔진 상태 파라미터 X_1 과 제2 엔진 상태 파라미터 X_2 의 차분을 연산하고, 그것에 기초하여 엔진(200)의 특성을 추정한다.

[0021] 계산 모델 갱신부(140)는, 엔진 특성 추정부(130)에서 추정된 엔진(200)의 특성에 기초하여 옵서버(120)의 제2 계산 모델을 갱신한다.

[0022] 계산 모델 갱신 모드 실행부(150)는, 계산 모델 갱신부(140)에 의한 제2 계산 모델의 갱신을 행하기 위한 갱신 모드를 실행한다.

[0023] 계속해서, 상기한 각 구성을 다른 도면을 참조하여 더 상세하게 설명한다.

[0024] 도 2는 엔진(200)의 구성을 도시하는 모식도이다. 본 실시 형태에 있어서, 엔진(200)의 용도는 한정되지는 않으며, 선박용, 차량용, 항공기용 등의 다양한 엔진(200)을 사용할 수 있다. 엔진(200)은, 연료의 연소에 의해 동력을 발생시키는 엔진 본체(210)와, 연료를 연소시키는 공기를 엔진 본체(210)에 공급하는 흡기로(220)와, 엔진 본체(210)에 있어서의 연소 후의 기체를 배출하는 배기로(230)와, 흡기로(220)를 통해 엔진 본체(210)에 공급되는 공기의 압력을 높이는 과급기(240)를 구비한다.

[0025] 엔진 본체(210)는, 공기에 의한 연료의 연소가 일어나는 연소실(211)과, 연소실(211) 내에 1연소당의 연료 공급량 U 에 의해 지정되는 양의 연료를 공급하는 연료 공급 노즐(212)과, 흡기로(220)로부터의 공기의 연소실(211)로의 공급을 제어하는 흡기 밸브(213)와, 연소실(211)로부터 배기로(230)로의 공기의 배출을 제어하는 배기 밸브(214)와, 연소실(211)에 있어서의 연료의 연소에 따라서 직선상으로 구동되는 피스톤(215)과, 피스톤(215)의 직선상의 운동에 수반하여 회전 구동되는 크랭크 샤프트(216)와, 일단이 피스톤(215)에 고정되고 타단이 크랭크 샤프트(216)에 고정되어 피스톤(215)의 직선 운동을 크랭크 샤프트(216)의 회전 운동으로 변환하는 커넥팅 로드

(217)를 구비한다. 또한, 상기에서는 연료 공급 노즐(212)에 의해 연료를 연소실(211) 내에 직접 공급하는 구성으로 하였지만, 가솔린 등의 휘발성이 높은 연료를 사용하는 경우는, 흡기로(220) 내에 연료를 분사하여, 공기와 혼합한 상태에서 연소실(211) 내에 공급해도 된다.

- [0026] 상기한 구성에 있어서, 엔진(200)은 이하의 사이클로 구동된다. 여기서, 엔진(200)은 전사이클 이전의 구동에 의해 동작 상태에 있는 것으로 하고, 관성에 의해 회전을 계속하는 크랭크 샤프트(216)의 동작에 따라서 피스톤(215)이 상승과 하강을 반복하는 것으로 한다.
- [0027] (1) 흡기: 흡기 밸브(213)가 개방되고, 배기 밸브(214)가 폐쇄되어, 피스톤(215)이 하강함으로써, 흡기로(220)로부터 연소실(211)로 공기가 공급된다.
- [0028] (2) 압축: 흡기 밸브(213)가 폐쇄되어, 피스톤(215)이 상승함으로써, 연소실(211) 내의 공기가 압축된다.
- [0029] (3) 연소: 연료 공급 노즐(212)로부터 연소실(211) 내로 1연소당의 연료 공급량 U에 의해 지정되는 양의 연료가 공급되어, 압축된 공기와 함께 연소된다. 이에 의해 동력이 발생하여, 피스톤(215)이 하강한다.
- [0030] (4) 배기: 배기 밸브(214)가 개방되어, 피스톤(215)이 상승함으로써, 연소 후의 기체가 연소실(211)로부터 배기로(230)로 배출된다.
- [0031] 과급기(240)는, 이른바 터보 과급기이며, 흡기로(220)에 마련된 컴프레서(241)와, 배기로(230)에 마련된 터빈(242)과, 컴프레서(241) 및 터빈(242)을 동축상에서 결합하는 축(243)을 구비한다. 배기로(230)로부터 배출되는 기체에 의해 터빈(242)이 회전하고, 그 회전이 축(243)을 통해 컴프레서(241)에 전달된다. 이와 같이 회전되는 컴프레서(241)에 의해 흡기로(220)에 공급되는 공기가 압축되므로, 연소실(211)로 공급되는 공기의 압력을 높일 수 있다.
- [0032] 또한, 도 2에서는 (1) 흡기, (2) 압축, (3) 연소, (4) 배기의 4개의 행정을 1사이클로 하는 이른바 4스트로크 엔진을 예로 들어 설명하였지만, 본 실시 형태에서는, 엔진의 타입은 이것에 한정되지는 않고, 다양한 타입의 엔진을 사용할 수 있다. 예를 들어, 도 3에 도시되는 이른바 2스트로크 엔진을 사용할 수 있다(도 2와 대응하는 구성 요소에 대해서는 동일한 부호를 붙이고 있음).
- [0033] 2스트로크 엔진의 엔진 본체(210)는, 상술한 4스트로크 엔진과 마찬가지로 연소실(211)에 있어서의 연료의 연소에 의해 피스톤(215)을 직선상으로 구동하고, 그것을 크랭크 샤프트(216)의 회전 동력으로 변환하는 것이다. 양 타입의 엔진에 있어서 주요한 구조는 거의 공통인데, 2스트로크 엔진에서는, 엔진 본체(210)에 있어서 크랭크 샤프트(216)를 수용하는 크랭크 케이스(218)와 연소실(211)을 연결하는 소기로(219)가 마련되어 있는 점이 하나의 차이이다.
- [0034] 피스톤(215)이 하강하고 있는 도시한 상태에 있어서, 크랭크 케이스(218), 소기로(219), 연소실(211), 배기로(230)를 통하는 경로는 기체가 유통 가능하게 되어 있고, 크랭크 케이스(218) 내의 새로운 공기가, 소기로(219)를 통해 연소실(211)로 유입됨과 함께, 그 기체로 연소 후의 기체를 배기로(230)로 배출한다(소기).
- [0035] 그것에 이어서 피스톤(215)이 상승하면, 소기로(219) 및 배기로(230)를 폐쇄하고, 연소실(211)이 밀폐되어 그 압력이 상승한다. 그리고 고압이 된 연소실(211) 내에 연료 공급 노즐(212)로부터 연료를 공급함으로써 연소가 야기되어, 피스톤(215)을 다시 하강시키는 동력이 발생한다. 한편, 피스톤(215)의 상승 시에는 크랭크 케이스(218)와 흡기로(220)가 연통되어, 새로운 공기가 흡기로(220)로부터 크랭크 케이스(218) 내로 유입된다. 이와 같이, 피스톤(215)의 상승 시에는, 연소실(211)에 있어서의 연소와 크랭크 케이스(218)에 있어서의 흡기가 동시에 행해진다.
- [0036] 이상과 같이, 2스트로크 엔진에 있어서는, 피스톤(215)의 1회의 하강과 1회의 상승의 합계 2스트로크로 1사이클이 완료된다. 이러한 2스트로크 엔진에 있어서, 도 2에 도시되는 과급기(240)를 사용하면, 피스톤(215) 상승 시에 있어서의 크랭크 케이스(218)로의 흡기와, 피스톤(215) 하강 시에 있어서의 연소실(211)로의 소기의 압력을 높일 수 있다.
- [0037] 또한, 2스트로크 엔진으로서, 특허문헌 2에 개시되어 있는 바와 같은 소기용의 공기를 수용하는 소기 리시버를 갖는 것을 사용해도 된다. 이 경우, 도 3에 대한 상기한 소기의 설명과 마찬가지로, 피스톤(41: 특허문헌 2 중의 부호(이하 동일함))이 하강하고 있는 상태에 있어서, 소기 리시버(2), 크랭크 케이스(218) 및 소기로(219)에 대응하는 소기구(17), 연소실(211)에 대응하는 실린더(1), 배기로(230)에 대응하는 배기 덕트(6)를 통과하는 경로는 기체가 유통 가능하게 되어 있고, 소기 리시버 내의 새로운 공기가, 소기구를 통해 실린더로 유입됨과 함께, 그 기체로 연소 후의 기체를 배기 덕트로 배출하는 소기 동작이 행해진다. 또한, 이러한 구성에 있어

서 과급기(240)를 사용하면, 소기 리시버 내의 소기의 압력을 높일 수 있다.

- [0038] 상기한 바와 같이 본 실시 형태는, 다양한 타입의 엔진(200)에 대해 적용할 수 있지만, 특히 정격 회전수가 매 분 1000회전 이하인 선박용 엔진에 대해 사용하는 것이 적합하다. 일반적으로, 선박용 엔진은 차량용 엔진과 비교하여 상기와 같은 낮은 정격 회전수로 구동된다. 그리고 특히 대형의 선박에 있어서는, 엔진에서 발생된 동력이 선박의 실제 움직임에 반영될 때까지 시간을 필요로 하므로, 정확한 엔진 구동이 요구된다. 이와 같이, 선박용 엔진에 있어서는, 엔진의 특성 변화나 상태를 고정밀도로 추정하여 정확한 구동을 행하는 요구가 높아, 본 실시 형태의 엔진 특성 추정 장치(100)를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0039] 여기서, 엔진 특성 추정 장치(100)에 의해 추정을 행하는 엔진(200)의 특성으로서는 이하의 것이 예시된다.
- [0040] · 연소 효율: 연소실(211)에 있어서의 연소의 효율. 열효율이라고도 불린다.
- [0041] · 동력 전달 효율: 엔진 본체(210)에서 발생한 토크에 대한, 각 기계 부분에서의 손실을 뺀 실효 토크의 비. 기계 전달 효율이라고도 불린다.
- [0042] · 동적 특성: 복수의 파라미터 사이의 시간을 고려한 관계. 온도 변화에 대한 압력의 응답성 등.
- [0043] · 과급기(240)의 효율: 컴프레서(241)의 효율, 터빈(242)의 효율 등.
- [0044] · 외란 영향: 엔진(200)이 흡입하는 외기의 온도(대기온), 압력(대기압), 선박용 엔진에 있어서는 구동 대상인 프로펠러로부터 유입되는 파도 등에 의한 부하 등.
- [0045] 또한, 상기한 외란은, 실제의 엔진(200)의 동작에 큰 영향을 미치는 중요한 것이며, 또한 도 4에 관하여 후술하는 수학적 모델에 있어서는 다른 특성과 동등하게 취급할 수 있다.
- [0046] 이상에서 예를 들어 설명한 엔진(200)에 있어서, 그 특성 추정이나 제어에 사용하는 상태 파라미터 X_0 는, 예를 들어 이하의 각 파라미터에 의해 구성할 수 있다.
- [0047] 엔진 본체(210)의 동작에 관한 파라미터:
- [0048] · 크랭크 샤프트(216)의 회전수(엔진 본체(210)의 회전수 N_e)
- [0049] · 배기로(230)로부터 배출되는 기체의 온도(엔진 본체(210)의 배기온 T_{ex})
- [0050] · 배기로(230)로부터 배출되는 기체의 압력(엔진 본체(210)의 배기압 P_{ex})
- [0051] · 배기로(230)로부터 배출되는 기체의 유량(엔진 본체(210)의 배기량 G_{ex})
- [0052] 과급기(240)의 동작에 관한 파라미터:
- [0053] · 컴프레서(241), 터빈(242), 축(243)의 회전수(과급기(240)의 회전수 N_{tc})
- [0054] · 소기 동작을 행하지 않는 도 2의 4스트로크 엔진 등에 있어서 과급기(240)를 통해 흡기로(220)로부터 연소실(211)로 공급되는 공기의 온도(과급기(240)의 급기온 T_b)
- [0055] · 소기 동작을 행하지 않는 도 2의 4스트로크 엔진 등에 있어서 과급기(240)를 통해 흡기로(220)로부터 연소실(211)로 공급되는 공기의 압력(과급기(240)의 급기압 P_b)
- [0056] · 소기 동작을 행하지 않는 도 2의 4스트로크 엔진 등에 있어서 과급기(240)를 통해 흡기로(220)로부터 연소실(211)로 공급되는 공기의 유량(과급기(240)의 급기량 G_b)
- [0057] · 소기 동작을 행하는 도 3이나 특허문헌 2 등의 2스트로크 엔진에 있어서, 소기로(219)로부터 연소실(211)로 공급되는 공기의 압력이나 소기 리시버 내의 공기의 온도(과급기(240)의 소기온 T_s)
- [0058] · 소기 동작을 행하는 도 3이나 특허문헌 2 등의 2스트로크 엔진에 있어서, 소기로(219)로부터 연소실(211)로 공급되는 공기의 압력이나 소기 리시버 내의 공기의 압력(과급기(240)의 소기압 P_s)
- [0059] · 소기 동작을 행하는 도 3이나 특허문헌 2 등의 2스트로크 엔진에 있어서, 소기로(219)로부터 연소실(211)로 공급되는 공기의 압력이나 소기 리시버 내의 공기의 유량(과급기(240)의 소기량 G_s)
- [0060] 또한, 과급기(240)가 마련되지 않는 경우, 연소실(211)로의 급기(4스트로크 엔진의 경우) 및 연소실(211)로의 소기(2스트로크 엔진의 경우)는 엔진 본체(210)의 동작이 되므로, 상기한 급기온 T_b , 급기압 P_b , 급기량 G_b , 소기온 T_s , 소기압 P_s , 소기량 G_s 는, 각각 엔진 본체(210)의 동작에 관한 파라미터가 된다.

- [0061] 상기한 각 파라미터는, 모두 적당한 센서를 마련함으로써 측정 가능하지만, 실제의 엔진(200)에서는 비용이나 설치상의 제약에 의해 모든 파라미터를 측정하는 것은 현실적이지 않으며, 일부의 파라미터 X0'이 측정되어, 읍서버(120)로의 입력이 된다. 측정하는 파라미터 X0'의 선택은 엔진 시스템의 제어 목표나 사양에 따라서 적절하게 결정할 수 있지만, 예를 들어 이하와 같은 기준으로 선택하는 것이 바람직하다.
- [0062] 엔진 본체(210)의 동작에 관한 파라미터(엔진 본체 데이터) 및 과급기(240)의 동작에 관한 파라미터(과급기 데이터)로부터 각각 적어도 하나의 파라미터를 측정한다. 엔진 본체 데이터로서는, 앞에 열거한 회전수 Ne, 배기온 Tex, 배기압 Pex, 배기량 Gex가 예시된다. 과급기 데이터로서는, 앞에 열거한 회전수 Ntc, 급기온 Tb(4스트로크 엔진의 경우), 급기압 Pb(앞과 같음), 급기량 Gb(앞과 같음), 소기온 Ts(2스트로크 엔진의 경우), 소기압 Ps(앞과 같음), 소기량 Gs(앞과 같음)가 예시된다. 이와 같이 측정하는 파라미터를 선택하면, 엔진 본체(210)와 과급기(240)의 각각의 측정 데이터에 기초하여 엔진(200)의 시스템 전체의 상태를 읍서버(120)에서 고정밀도로 추정할 수 있다.
- [0063] 다른 기준으로서, 엔진(200)의 기계적인 동작에 관한 파라미터(기계적 데이터) 및 엔진(200)의 열역학적 상태에 관한 파라미터(열역학적 데이터)로부터 각각 적어도 하나의 파라미터를 측정한다. 기계적 데이터로서는, 앞에 열거한 엔진 본체(210)의 회전수 Ne, 과급기(240)의 회전수 Ntc가 예시된다. 열역학적 데이터로서는, 앞에 열거한 배기온 Tex, 배기압 Pex, 배기량 Gex, 급기온 Tb(4스트로크 엔진의 경우), 급기압 Pb(앞과 같음), 급기량 Gb(앞과 같음), 소기온 Ts(2스트로크 엔진의 경우), 소기압 Ps(앞과 같음), 소기량 Gs(앞과 같음)가 예시된다. 이와 같이 측정하는 파라미터를 선택하면, 기계적 데이터와 열역학적 데이터의 각각의 측정 데이터에 기초하여 읍서버(120)는 엔진(200)의 기계적 측면과 열역학적 측면을 고려하여 고정밀도로 상태를 추정할 수 있다.
- [0064] 실제의 설계에 있어서는, 상기한 2개의 기준을 동시에 충족하는 측정 파라미터를 선택하는 것이 최적이다. 예를 들어, 엔진 본체(210)의 회전수 Ne와, 과급기(240)의 소기압 Ps를 측정 파라미터로서 선택하면 된다. 여기서, 회전수 Ne는 엔진 본체 데이터 또한 기계적 데이터이고, 소기압 Ps는 과급기 데이터 또한 열역학적 데이터이며, 상기한 2개의 기준을 동시에 충족하고 있다.
- [0065] 또한, 엔진(200)으로의 구동 입력인 1연소당의 연료 공급량 U는, 엔진 본체(210)의 회전수 Ne의 측정 데이터에 기초하여 설정된다. 즉, 엔진 본체(210)의 목표 회전수를 Ne0로 하였을 때, 측정값인 Ne와 목표값인 Ne0의 차분이 연산되고, 그 차분이 적어지는 1연소당의 연료 공급량 U가 소정의 테이블이나 알고리즘에 기초하여 설정된다.
- [0066] 계속해서, 도 4을 참조하여 시뮬레이터(110)와 읍서버(120)의 구성을 설명한다.
- [0067] 시뮬레이터(110)는, 엔진(200)에 공급되는 1연소당의 연료 공급량 U를 입력으로 하여, 제1 계산 모델에 기초하여 n개의 요소를 갖는 벡터로서의 제1 엔진 상태 파라미터 X1=(X11, X12, ···, X1n)을 계산한다. 여기서, 제1 엔진 상태 파라미터 X1과 엔진(200)의 상태 파라미터 X0의 요소수는 동등하며, X1의 각 요소는 X0의 각 요소의 추정값이 된다. 예를 들어, 엔진(200)의 상태 파라미터 X0의 제1 요소 X01이 회전수 Ne, 제2 요소 X02가 소기압 Ps인 경우, 제1 엔진 상태 파라미터 X1의 제1 요소 X11은 회전수 Ne의 추정값, 제2 요소 X12는 소기압 Ps의 추정값이 된다.
- [0068] 시뮬레이터(110)의 제1 계산 모델은, 엔진(200)의 소정의 기준 시점의 엔진 특성을 나타내고 있고, 그 기준 시점의 엔진(200)의 상태 파라미터 X0를 시뮬레이트하는 것이다. 여기서, 제1 계산 모델을 설정할 때에는, 엔진(200)으로의 외란이 없는 이상적인 상태를 전제로 하고 있으므로, 계산 결과로서의 제1 엔진 상태 파라미터 X1은, 기준 시점에 있어서의 엔진(200)의 이상적인 상태 파라미터 X0를 나타낸다. 제1 계산 모델을 규정하는 기준 시점으로서, 전형적으로는 엔진(200)의 초기 시점이 선택된다. 이 경우, 제1 엔진 상태 파라미터 X1은, 초기 상태로부터 특성 열화가 없는 이상적인 엔진(200)이 외란이 없는 상태에 놓여진 경우의 이상적인 상태 파라미터 X0를 시뮬레이트한 것이 된다.
- [0069] 계속해서, 엔진(200)의 상태 공간 표현과, 그것에 대응하는 상태 공간 표현을 갖는 읍서버(120)에 대해 설명한다. 도 4에 있어서, 엔진(200)은 시스템 계수 행렬 A에 의해 정의되는 선형 시스템인 것으로 한다. 구체적으로는, 엔진(200)의 상태는 이하의 식에 의해 기술된다.
- [0070] $dX0/dt = A \cdot X0 + B \cdot U$
- [0071] $X0' = C \cdot X0$
- [0072] 여기서, 각 파라미터는 이하를 나타낸다.

- [0073] U: 엔진(200)으로의 연료 공급량
- [0074] X0: 엔진(200)의 상태 파라미터
- [0075] X0': 오퍼서버(120)로의 입력(상술한 바와 같이, 상태 파라미터 X0에 포함되는 일부의 동작 파라미터를 측정하는 것)
- [0076] A: 엔진(200)의 시스템 계수 행렬
- [0077] B: U를 시스템에 입력하는 입력 벡터
- [0078] C: X0로부터 X0'을 추출하는 출력 벡터
- [0079] 또한, 도시되어 있는 엔진(200)의 상태 공간 표현은 상기한 식을 나타낸 것이다.
- [0080] 오퍼서버(120)는, 상기한 엔진(200)과 마찬가지로의 상태 공간 표현을 갖는다. 즉, 오퍼서버(120)는 엔진(200)과 동일한 시스템 계수 행렬 A, 입력 벡터 B, 출력 벡터 C를 갖는다. 엔진(200)과의 큰 차이는, 엔진(200)의 동작 데이터 X0'이 오퍼서버 게인 H를 통해 오퍼서버(120)에 입력되는 점이다. 이와 같이, 오퍼서버(120)는 시스템 계수 행렬 A 및 오퍼서버 게인 H에 의해 정의되는 제2 계산 모델을 갖고, 1연소당의 연료 공급량 U와 동작 데이터 X0'을 입력으로 하여, 제2 엔진 상태 파라미터 X2를 계산한다.
- [0081] 제2 엔진 상태 파라미터 X2는 n개의 요소(X21, X22, ..., X2n)를 갖는 벡터이다. 상술한 제1 엔진 상태 파라미터 X1과 마찬가지로, 제2 엔진 상태 파라미터 X2와 엔진(200)의 상태 파라미터 X0의 요소수는 동등하며, X2의 각 요소는 X0의 각 요소의 추정값이 된다. 예를 들어, 엔진(200)의 상태 파라미터 X0의 제1 요소 X01이 회전수 Ne, 제2 요소 X02가 소기압 Ps인 경우, 제2 엔진 상태 파라미터 X2의 제1 요소 X21은 회전수 Ne의 추정값, 제2 요소 X22는 소기압 Ps의 추정값이 된다.
- [0082] 어느 기준 시점에 있어서의 이상적인 상태 파라미터 X1을 계산하는 시뮬레이터(110)와 달리, 오퍼서버(120)는 엔진(200)의 리얼타임의 상태 파라미터 X2를 계산한다. 또한, 엔진(200)의 모든 상태 파라미터 X0가 측정되는 경우에는 오퍼서버(120)를 마련할 필요는 없지만, 모든 파라미터를 측정하는 것은 현실적이지 않으므로, 오퍼서버(120)를 사용하여 상태 파라미터 X2의 추정을 행한다.
- [0083] 또한, 상기에서는 엔진(200)이 선형 시스템인 경우를 예로 들어 설명하였지만, 비선형 시스템인 경우도 마찬가지로 오퍼서버(120)를 구성할 수 있다. 즉, 오퍼서버(120)는 엔진(200)의 시스템 특성을 나타내는 요소(도 4의 예에서는 시스템 계수 행렬)를 제2 계산 모델 중에 포함하고 있으면 되며, 엔진(200)이 선형 시스템인지 비선형 시스템인지는 본 실시 형태에 있어서 본질적인 것은 아니다.
- [0084] 도 5는 엔진 특성 추정부(130)의 구성을 도시하는 모식도이다. 엔진 특성 추정부(130)는 차분 연산부(131)와, 절댓값 연산부(132)와, 가중치 부여 연산부(133)와, 가산부(134)와, 역치 비교부(135)를 구비하고, 차분 연산부(131)에 있어서의 차분 연산 결과를 엔진(200)의 특성 추정 출력으로 하는 것이다.
- [0085] 차분 연산부(131)는, 제1 엔진 상태 파라미터 X1과 제2 엔진 상태 파라미터 X2의 차분을 연산한다. 구체적으로는, X1 및 X2의 요소수 n과 동등한 개수의 차분기(131-1, 131-2, ..., 131-n)를 갖는다. 각 차분기는, X1과 X2의 대응하는 파라미터의 차분 e1, e2, ..., en을 연산한다. 상술한 예와 같이, 상태 파라미터 X0의 제1 요소 X01이 회전수 Ne, 제2 요소 X02가 소기압 Ps인 경우, 제1 차분기(131-1)는 각각 회전수 Ne의 추정값인 X11과 X21의 차분 e1을 연산하고, 제2 차분기(131-2)는 각각 소기압 Ps의 추정값인 X12와 X22의 차분 e2를 연산한다. 이들의 차분 연산 결과 e1, e2, ..., en은, 엔진(200)의 특성 추정 출력으로서 후단의 계산 모델 갱신부(140)에 공급된다.
- [0086] 절댓값 연산부(132), 가중치 부여 연산부(133), 가산부(134), 역치 비교부(135)는, 그 일련의 연산 결과에 따라서 후단의 계산 모델 갱신부(140)에 있어서의 계산 모델 갱신 처리의 트리거를 거는 것이다.
- [0087] 절댓값 연산부(132)는, 차분 연산부(131)로부터의 차분 e1, e2, ..., en의 각각의 절댓값을 연산한다.
- [0088] 가중치 부여 연산부(133)는, 절댓값 연산부(132)로부터의 n개의 연산 결과에 대해 소정의 가중치 w1, w2, ..., wn을 승산한다. 여기서, 각각의 가중치는, 본 실시 형태에 있어서의 엔진 특성 추정에 있어서의 각 파라미터의 중요도에 따라서 적절하게 설정되는 것이다. 예를 들어, 상술한 예에 있어서, 제1 파라미터인 회전수 Ne가 제2 파라미터인 소기압 Ps보다 엔진 특성 추정에 있어서 중시되는 경우는, 제1 가중치 w1을 제2 가중치보다 크게 설정하면 된다.

- [0089] 가산부(134)는, 가중치 부여 연산부(133)로부터의 n개의 연산 결과를 가산한다.
- [0090] 역치 비교부(135)는, 가산부(134)로부터의 연산 결과를 소정의 역치와 비교한다. 가산부(134)로부터의 연산 결과가 역치를 초과한 경우, 후단의 계산 모델 갱신부(140)에 있어서의 계산 모델 갱신 처리의 트리거 신호 T를 생성한다.
- [0091] 이상과 같이, 차분 연산부(131)로부터의 차분 e_1, e_2, \dots, e_n 에 관하여 소정의 기준이 충족된 경우만 계산 모델 갱신부(140)로의 트리거 신호 T가 생성되므로, 계산 모델 갱신 처리의 빈도가 지나치게 높아지는 것을 방지하여, 시스템의 안정성을 향상시킬 수 있다. 또한, 역치 비교부(135)는, 가산부(134)로부터의 연산 결과가 역치를 초과하는 상태가 소정 시간 계속된 경우에 트리거 신호 T를 생성하도록 구성할 수도 있다. 이 경우, 순간적인 이상값에 의해 트리거 신호 T가 생성되는 일이 없으므로, 시스템의 안정성이 더욱 향상된다.
- [0092] 또한, 상기한 절댓값 연산부(132), 가중치 부여 연산부(133), 가산부(134), 역치 비교부(135)라고 하는 일련의 구성은 일례에 불과하며, 차분 연산부(131)의 차분 연산 결과 e_1, e_2, \dots, e_n 에 기초하여 계산 모델 갱신부(140)로의 트리거 신호 T를 생성하는 것이면 다양한 구성을 채용할 수 있다. 예를 들어, 복수의 차분 연산 결과 중, 어느 하나의 차분 연산 결과(예를 들어 e_2)만이 중요한 경우는, 다른 차분 연산 결과는 고려하지 않고 그 크기에만 기초하여 트리거 신호 T를 생성해도 된다. 이 경우, 가중치 부여 연산부(133)나 가산부(134)를 마련할 필요가 없어진다.
- [0093] 도 1로 돌아가, 계산 모델 갱신부(140)는 엔진 특성 추정부(130)로부터의 트리거 신호 T를 받아, 엔진 특성 추정부(130)로부터의 특성 추정 출력 e_1, e_2, \dots, e_n 을 입력으로 하여, 소정의 알고리즘에 기초하여 오퍼서버(120)의 제2 계산 모델을 갱신한다. 도 4에 있어서 설명한 바와 같이, 제2 계산 모델은 시스템 계수 행렬 A와 오퍼서버 게인 H를 포함하는 계산 모델이다. 여기서, 계산 모델 갱신부(140)는 소정의 알고리즘에 기초하여 시스템 계수 행렬 A 및 오퍼서버 게인 H 중 적어도 하나를 갱신한다. 행렬인 시스템 계수 행렬 A와 벡터인 오퍼서버 게인 H는 각각 복수의 요소를 가지므로, 그 적어도 하나의 요소를 갱신하면 된다.
- [0094] 특히 엔진(200)의 경년 열화나 흡기 온도 등의 외부 환경의 변화에 의한 특성 변화에 대응하는 경우에는, 시스템 계수 행렬 A를 갱신하는 것이 바람직하다. 엔진(200)의 특성이 변화되어 있는 경우, 즉 상기에서 예시한 연소 효율, 동력 전달 효율, 동적 특성, 과급기 효율, 외란 영향 등이 변화되어 있는 경우는, 도 4에 있어서의 엔진(200)의 시스템 계수 행렬 A가 변화되어 버렸기 때문에, 그 변화에 맞추어 오퍼서버(120)의 시스템 계수 행렬 A를 갱신하면 된다. 이에 의해, 오퍼서버(120)의 제2 계산 모델이 엔진(200)의 특성을 반영하는 것이 되므로, 오퍼서버(120)에 의한 엔진(200)의 상태 추정 정밀도를 향상시킬 수 있다.
- [0095] 또한, 계산 모델 갱신부(140)에 의한 계산 모델 갱신 처리에 사용되는 알고리즘은, 오퍼서버(120)의 제2 계산 모델이 실제의 엔진(200)의 특성을 더 잘 반영하는 것을 목표로 하여 적절하게 설계할 수 있다. 단순한 예로서는, 다음과 같은 시행 착오형의 알고리즘을 들 수 있다. 이 알고리즘에서는, 미리 준비되어 있는 복수의 갱신 처리의 옵션을 순차 시도하여, 특성 추정 출력 e_1, e_2, \dots, e_n 이 가장 개선된 옵션을 채용한다. 또한, 알고리즘은 미리 프로그램된 것에 한정되지는 않고, 실제의 처리 결과에 따른 기계 학습에 의해 갱신 가능한 것으로 해도 된다.
- [0096] 계산 모델 갱신 모드 실행부(150)는, 계산 모델 갱신부(140)에 의한 제2 계산 모델의 갱신을 행하기 위한 갱신 모드를 실행한다. 갱신 모드가 실행되고 있지 않은 동안은, 엔진 특성 추정부(130)로부터 트리거 신호 T가 생성되어 있어도 계산 모델 갱신부(140)는 제2 계산 모델의 갱신을 행하지 않는다. 한편, 갱신 모드가 실행되고 있는 동안에, 엔진 특성 추정부(130)로부터 트리거 신호 T가 생성되면, 계산 모델 갱신부(140)는 특성 추정 출력 e_1, e_2, \dots, e_n 에 기초하여 제2 계산 모델의 갱신을 행한다. 또한, 갱신 모드는, 유저 조작에 기초하여 실행할 수도 있고, 소정 빈도로 자동적으로 실행할 수도 있다. 이러한 전용의 갱신 모드를 마련함으로써, 계산 모델 갱신 처리의 빈도가 지나치게 높아지는 것을 방지하여, 시스템의 안정성을 향상시킬 수 있다. 한편, 이러한 전용의 갱신 모드를 마련하지 않고, 임의의 시점에 있어서 엔진 특성 추정부(130)로부터의 트리거 신호 T에 기초하여 제2 계산 모델의 갱신 처리가 수시로 행해지는 구성으로 하는 것도 물론 가능하다.
- [0097] 도 6은 이상의 구성을 갖는 엔진 특성 추정 장치(100)에 의한 엔진 특성 추정의 처리 플로를 나타낸다.
- [0098] 스텝 S10에서는, 계산 모델 갱신 모드 실행부(150)에 의해 갱신 모드가 실행되어 있는지 여부가 판정된다.
- [0099] 갱신 모드가 실행되어 있는 경우, 스텝 S21에 있어서 시뮬레이터(110)가 제1 엔진 상태 파라미터 X1을 계산하고, 그것과 병행하는 스텝 S22에 있어서 오퍼서버(120)가 제2 엔진 상태 파라미터 X2를 계산한다.

- [0100] 스텝 S30에서는, 엔진 특성 추정부(130)가, 제1 엔진 상태 파라미터 X1과 제2 엔진 상태 파라미터 X2의 각 요소의 차분 e_1, e_2, \dots, e_n (특성 추정 출력)을 연산한다.
- [0101] 스텝 S40에서는, 엔진 특성 추정부(130)가, 특성 추정 출력 e_1, e_2, \dots, e_n 에 기초하여 계산 모델 갱신부(140)에 대한 트리거 신호 T를 생성하였는지 여부가 판정된다.
- [0102] 트리거 신호 T가 생성된 경우, 스텝 S50에 있어서, 계산 모델 갱신부(140)가, 특성 추정 출력 e_1, e_2, \dots, e_n 에 기초하여 옵서버(120)의 제2 계산 모델의 갱신을 행한다.
- [0103] 도 7은 이상에서 설명한 엔진 특성 추정 장치(100)에 의한 엔진 특성 추정의 일례를 나타내는 모식도이다. 도 1과 마찬가지로, 엔진(200), 시뮬레이터(110), 옵서버(120)를 엔진(200)의 상태 파라미터를 출력으로 하는 블록으로서 나타내고 있다. 또한, 이하의 설명은, 엔진(200)으로의 외란의 영향이 없는 이상적인 상태를 전제로 하여 행하지만, 본 실시 형태는 외란이 있는 경우에도 마찬가지로 적용 가능하다.
- [0104] 도 7의 (A)는 엔진(200)의 초기 상태를 나타낸다.
- [0105] 엔진(200)은, 그 초기 상태의 특성을 나타내는 시스템 계수 행렬 A0에 의해 기술되며, 1연소당의 연료 공급량 U의 입력에 대해 상태 파라미터 X0를 출력한다.
- [0106] 시뮬레이터(110)는, 초기 상태의 엔진(200)의 특성을 나타내는 제1 계산 모델에 기초하여 1연소당의 연료 공급량 U의 입력으로부터 제1 엔진 상태 파라미터를 계산한다. 시뮬레이터(110)는, 초기 상태의 엔진(200)을 정확하게 재현하는 것이며, 그 출력인 제1 엔진 상태 파라미터는, 상기한 초기 상태에 있어서의 엔진(200)의 상태 파라미터 X0와 일치한다.
- [0107] 옵서버(120)는, 초기 상태의 엔진(200)과 동일한 시스템 계수 행렬 A0를 포함하는 제2 계산 모델에 기초하여 1연소당의 연료 공급량 U 및 동작 데이터 X0'의 입력으로부터 제2 엔진 상태 파라미터를 계산한다. 여기서, 옵서버(120)는 시스템 계수 행렬 A0에 기초하여 엔진(200)의 초기 상태를 추정하는 것이며, 그 추정 정밀도를 100%로 가정하면, 제2 엔진 상태 파라미터는 상기한 초기 상태에 있어서의 엔진(200)의 상태 파라미터 X0와 일치한다.
- [0108] 따라서, 도 7의 (A)의 초기 상태에 있어서는, 엔진(200), 시뮬레이터(110), 옵서버(120)의 출력이 일치하고 있다. 그리고 시뮬레이터(110) 및 옵서버(120)의 출력의 차분을 연산하는 차분 연산부(131)의 출력은 제로가 된다.
- [0109] 도 7의 (B)는 초기 상태로부터 시간이 경과하여, 열화에 의해 엔진(200)의 특성이 변화된 상태를 나타낸다.
- [0110] 엔진(200)의 시스템 계수 행렬은, 엔진(200)의 열화로 인해, 초기 상태의 A0로부터 A1로 변화되어 있는 것으로 한다. 또한, 시스템 계수 행렬의 변화에 의해, 그 상태 파라미터도 초기 상태의 X0로부터 X로 변화되어 있다.
- [0111] 시뮬레이터(110)의 제1 계산 모델은 초기 상태로부터 바뀌지 않는다. 또한, 시뮬레이터(110)로의 입력인 1연소당의 연료 공급량 U는 엔진(200)의 열화와는 관계없는 구동 입력량이므로, 시뮬레이터(110)의 출력인 제1 엔진 상태 파라미터는, 초기 상태로부터 바뀌지 않고 X0로 나타난다.
- [0112] 옵서버(120)의 제2 계산 모델도 초기 상태로부터 바뀌지 않고, 엔진(200)의 초기 상태 시스템 계수 행렬 A0를 포함하고 있다. 한편, 엔진(200)으로부터 옵서버(120)에 입력되는 동작 데이터 X'은 엔진(200)의 열화의 영향을 받고 있으므로, 초기 상태에 있어서의 옵서버(120)로의 입력 X0'으로부터 변화되어 있다. 이 결과, 옵서버(120)의 출력인 제2 엔진 상태 파라미터는, 초기 상태의 X0와는 다른 X2로 변화되어 있다.
- [0113] 이와 같이, 도 7의 (B)에 나타나는 열화 상태에 있어서는, 제1 엔진 상태 파라미터 X1(X0와 동등함)과 제2 엔진 상태 파라미터 X2(X0와 다름)에 괴리가 발생하여, 차분 연산부(131)의 출력이 제로는 아니게 된다(X2-X0). 이와 같이, 본 실시 형태의 엔진 특성 추정 장치(100)에 의하면, 이 괴리에 기초하여 엔진(200)의 열화, 즉 시스템 계수 행렬의 A0로부터 A1로의 변화를 추정할 수 있다.
- [0114] 도 7의 (C)는, 도 7의 (B)에서 추정된 엔진(200)의 열화를 근거로 하여, 계산 모델 갱신부(140)가 옵서버(120)의 갱신 처리를 행한 상태를 나타낸다. 계산 모델 갱신부(140)는, 열화 상태에서 계산된 상기한 괴리 데이터 X2-X0에 기초하여 엔진(200)의 열화 후의 시스템 계수 행렬 A1을 추정하고, 옵서버(120)의 제2 계산 모델 중의 시스템 계수 행렬을 A0로부터 A1로 갱신한다. 이에 의해 옵서버(120)의 시스템 계수 행렬이, 열화 후의 엔진(200)의 특성을 반영한 것이 되어, 옵서버(120)에 의한 엔진(200)의 추정 정밀도가 향상된다. 여기서, 추정 정

밀도가 100%라고 가정하면, 읍서버(120)의 출력은 엔진(200)의 출력 X와 완전히 일치한다.

- [0115] 이상과 같이, 본 실시 형태의 엔진 특성 추정 장치(100)에 의하면, 엔진(200)의 열화를 추정하고, 그것에 기초하여 읍서버(120)의 갱신 처리를 행함으로써, 엔진(200)의 상태 추정 정밀도를 향상시킬 수 있다.
- [0116] 또한, 도 7의 (C)의 갱신 상태에 있어서, 읍서버(120)의 출력 X와 시뮬레이터(110)의 출력 X0 사이에 정상적인 괴리 X-X0가 발생하게 되지만 문제없다. 갱신 상태 후, 괴리가 X-X0에 그쳐 있으면 엔진(200)에 더한층의 열화가 발생하여 있지 않다고 하는 것을 알 수 있으므로, 계산 모델 갱신부(140)에 의한 더한층의 계산 모델 갱신을 행할 필요는 없고, 그 상태에서 정상적으로 시스템을 운용할 수 있다. 한편, 엔진(200)에 더한층의 열화가 발생하여, 괴리가 X-X0로부터 더 변화된 경우는, 계산 모델 갱신부(140)에 의한 더한층의 계산 모델 갱신을 행함으로써, 읍서버(120)의 시스템 계수 행렬이 최신의 엔진(200)의 특성을 반영한 것으로 할 수 있다.
- [0117] 또한, 도 7의 (A)에 있어서는, 초기 상태에 있어서 시뮬레이터(110)와 읍서버(120)의 출력이 일치하는 경우를 예로 들어 설명하였지만, 달라도 상관없다. 여기서, 시뮬레이터(110)의 초기 출력을 X0, 읍서버(120)의 초기 출력을 X로 두면, 초기 상태의 괴리는 X-X0로 나타난다. 이것은, 도 7의 (C)에 관하여 설명한 정상적인 괴리 X-X0가 존재하는 상황과 실질적으로 동일하다.
- [0118] 또한, 상기와 같은 정상적인 괴리를 외관상 없애기 위해, 시뮬레이터(110)의 제1 계산 모델을 갱신하는 것도 가능하다. 즉, 도 7의 (A)의 초기 시점이나, 도 7의 (C)의 갱신 시점 등의 소정의 기준 시점에 있어서, 시뮬레이터(110)의 제1 엔진 상태 파라미터 X1과 읍서버(120)의 제2 엔진 상태 파라미터 X2 사이에 정상적인 괴리 X2-X1이 존재하는 경우, 시뮬레이터(110)의 제1 계산 모델을 갱신함으로써, 시뮬레이터(110)의 출력을 X1로부터 X2로 보정한다. 이에 의해, 시뮬레이터(110) 및 읍서버(120)의 출력이 모두 X2가 되므로, 상기한 정상적인 괴리를 외관상 없앨 수 있다.
- [0119] 이와 같이 시뮬레이터(110)의 제1 계산 모델의 갱신을 행하는 경우라도, 초기 상태에 대응하는 제1 계산 모델은 계속 유지하는 것이 바람직하다. 초기 상태는 엔진(200)의 특성 추정이나 제어를 행함에 있어서의 절대적인 기준이 되는 상태이므로, 항상 참조할 수 있도록 해 두면 된다. 예를 들어, 도 7의 (C)의 갱신 상태에 있어서, 시뮬레이터(110)의 제1 계산 모델의 갱신을 행하는 경우, 초기 상태에 대응한 제1 계산 모델은 그대로 유지하고, 갱신 상태에 대응한 새로운 제1 계산 모델을 추가할 수 있다. 이 경우, 시뮬레이터(110)는 초기 상태에 대응한 제1 엔진 상태 파라미터와, 갱신 상태에 대응한 제1 엔진 상태 파라미터를 각각 계산한다. 그리고 차분 연산부(131)에 있어서, 각각의 제1 엔진 상태 파라미터와, 제2 엔진 상태 파라미터의 차분을 연산함으로써, 엔진(200)의 초기 상태로부터의 열화와, 갱신 상태로부터의 열화를 각각 추정할 수 있다.
- [0120] 이상에서 설명한 내용 외에도, 본 실시 형태는 예를 들어 이하의 작용이나 효과를 발휘한다.
- [0121] 시뮬레이터(110)의 계산에서 사용되는 1연소당의 연료 공급량 U는, 경년 열화나 흡기 온도 등의 외부 환경의 변화에 의한 엔진(200)의 특성 변화의 영향을 받지 않는 데이터이므로, 그 계산 결과인 제1 엔진 상태 파라미터 X1은 엔진(200)의 특성 변화의 영향을 받지 않는다. 이에 비해, 읍서버(120)의 계산에서 사용되는 엔진(200)의 동작 데이터는, 엔진(200)의 특성 변화의 영향을 받는 데이터이므로, 그 계산 결과인 제2 엔진 상태 파라미터 X2는 엔진(200)의 특성 변화의 영향을 받는다. 이와 같이 엔진 특성 변화의 영향이 다른 2종류의 엔진 상태 파라미터 X1, X2의 차분인 특성 추정 출력을 사용함으로써, 엔진 특성 추정부(130)는 엔진(200)의 특성 변화(시스템 계수 행렬의 A0로부터 A1로의 변화)를 고정밀도로 추정할 수 있다. 또한, 엔진(200)의 특성 변화가 없는 경우라도, 계산 모델이 다른 2개의 계산부를 병용함으로써, 엔진(200)의 상태를 고정밀도로 추정할 수 있다.
- [0122] 시뮬레이터(110)의 제1 계산 모델 및 읍서버(120)의 제2 계산 모델로서, 엔진(200)의 초기 상태 특성을 나타내는 것을 사용함으로써, 엔진(200)의 초기 상태로부터의 특성 변화를 효과적으로 추정할 수 있다.
- [0123] 엔진 특성 추정부(130)에서 추정된 엔진(200)의 특성에 기초하여 읍서버(120)의 제2 계산 모델을 갱신하는 계산 모델 갱신부(140)를 마련함으로써, 엔진(200)이 열화된 경우라도, 읍서버(120)에 의한 엔진(200)의 상태 추정의 정밀도를 높게 유지할 수 있다.
- [0124] 제1 엔진 상태 파라미터 X1 및 제2 엔진 상태 파라미터 X2를 구성하는 파라미터 중에는 비선형성을 나타내는 것도 존재하는데, 그 차분을 연산함으로써 비선형성을 저감할 수 있는 경우가 있다. 본 실시 형태에서는, 차분 연산부(131)가, 제1 엔진 상태 파라미터 X1과 제2 엔진 상태 파라미터 X2의 차분을 연산함으로써, 비선형성을 저감한 취급하기 쉬운 형태로 변환하여 엔진(200)의 특성 추정을 행할 수 있다.
- [0125] 이상, 본 발명을 실시 형태에 기초하여 설명하였다. 실시 형태는 예시이며, 그것들의 각 구성 요소나 각 처리

프로세스의 조합에 다양한 변형예가 가능한 것, 또한 그러한 변형예도 본 발명의 범위에 있는 것은 당업자에게 이해되는 부분이다.

[0126] 실시 형태에서는, 엔진 특성 추정부(130)가, 제1 엔진 상태 파라미터 X1과 제2 엔진 상태 파라미터 X2의 차분을 연산하는 차분 연산부(131)를 구비하고, 당해 차분에 기초하여 엔진(200)의 특성을 추정하는 구성으로 하였지만, 그 이외의 연산에 기초하여 엔진(200)의 특성을 추정하는 구성으로 해도 된다. 예를 들어, 시뮬레이터(110)와 오퍼서버(120)의 입력 데이터와 계산 모델이 다르다는 점에서, X1과 X2의 단순한 차분을 사용한 것에서는 추정 정밀도를 최대화할 수 없을 가능성도 있다. 그 경우, 양자의 입력 데이터와 계산 모델의 차이를 근거로 하여 엔진 특성 추정부(130)에 있어서 특성 추정의 연산을 행하는 함수를 최적화할 수 있다. 이러한 함수를 일반화하여 $f(X1, X2)$ 로 두면, 엔진 특성 추정부(130)는 X1과 X2를 입력으로 하여 특성 추정 출력 $f(X1, X2)$ 를 출력하는 연산부로 파악할 수 있다. 실시 형태에서 설명한 차분 연산의 예에 있어서는, $f(X1, X2) = X2 - X1$ 이다.

[0127] 실시 형태에서는, 제1 계산 모델에 의해 제1 엔진 상태 파라미터 X1을 계산하는 제1 계산부로서의 시뮬레이터(110)와, 제2 계산 모델에 의해 제2 엔진 상태 파라미터 X2를 계산하는 제2 계산부로서의 오퍼서버(120)와, X1 및 X2에 기초하여 엔진(200)의 특성을 추정하는 엔진 특성 추정부(130)를 구비하는 엔진 특성 추정 장치(100)에 대해 설명하였지만, 엔진 특성 추정부(130)를 마련하지 않고, 시뮬레이터(110)와 오퍼서버(120)에 의해 엔진(200)의 상태를 추정하는 엔진 상태 추정 장치를 구성할 수도 있다. 이 엔진 상태 추정 장치에 의하면, 계산 모델이 다른 2개의 계산부를 병용함으로써, 엔진(200)의 상태를 고정밀도로 추정할 수 있다. 예를 들어, 엔진(200)의 상태 파라미터로서 소기압을 추정하는 경우, 그 추정값이 시뮬레이터(110)로부터의 제1 엔진 상태 파라미터 X1 및 오퍼서버(120)로부터의 제2 엔진 상태 파라미터 X2의 양자에 포함되어 있으므로, 그 2개의 추정값의 평균값 등을 연산함으로써 소기압을 고정밀도로 추정할 수 있다. 일반화하면, 각 계산 모델의 차이를 근거로 하여 엔진(200)의 상태 추정용에 최적화된 함수 $g(X1, X2)$ 를 준비하고, X1과 X2를 입력으로 하여 상태 추정 출력 $g(X1, X2)$ 를 출력하는 연산부로서의 엔진 상태 추정부를 구성하면 된다. 상기한 평균값을 연산하는 예에 있어서는, $g(X1, X2) = (X1 + X2) / 2$ 이다. 또한, 엔진 상태 추정부는 X1과 X2의 순시 데이터뿐만 아니라, 과거의 일정 기간 X1과 X2의 이력 데이터도 포함하여 $g(X1, X2)$ 에 의한 연산을 행하는 구성으로 해도 된다.

[0128] 또한, 실시 형태에서 설명한 각 장치의 기능 구성은 하드웨어 자원 또는 소프트웨어 자원에 의해, 혹은 하드웨어 자원과 소프트웨어 자원의 협동에 의해 실현할 수 있다. 하드웨어 자원으로서 프로세서, ROM, RAM, 그 밖의 LSI를 이용할 수 있다. 소프트웨어 자원으로서 오퍼레이팅 시스템, 애플리케이션 등의 프로그램을 이용할 수 있다.

[0129] 본 명세서에서 개시한 실시 형태 중, 복수의 기능이 분산되어 마련되어 있는 것은, 당해 복수의 기능의 일부 또는 전부를 집약하여 마련해도 되고, 반대로 복수의 기능이 집약되어 마련되어 있는 것을, 당해 복수의 기능의 일부 또는 전부가 분산되도록 마련할 수 있다. 기능이 집약되어 있는지 분산되어 있는지에 관계없이, 발명의 목적을 달성할 수 있도록 구성되어 있으면 된다.

부호의 설명

- [0130] 100: 엔진 특성 추정 장치
- 110: 시뮬레이터
- 120: 오퍼서버
- 130: 엔진 특성 추정부
- 131: 차분 연산부
- 140: 계산 모델 갱신부
- 150: 계산 모델 갱신 모드 실행부
- 200: 엔진
- 210: 엔진 본체
- 220: 흡기로

230: 배기로

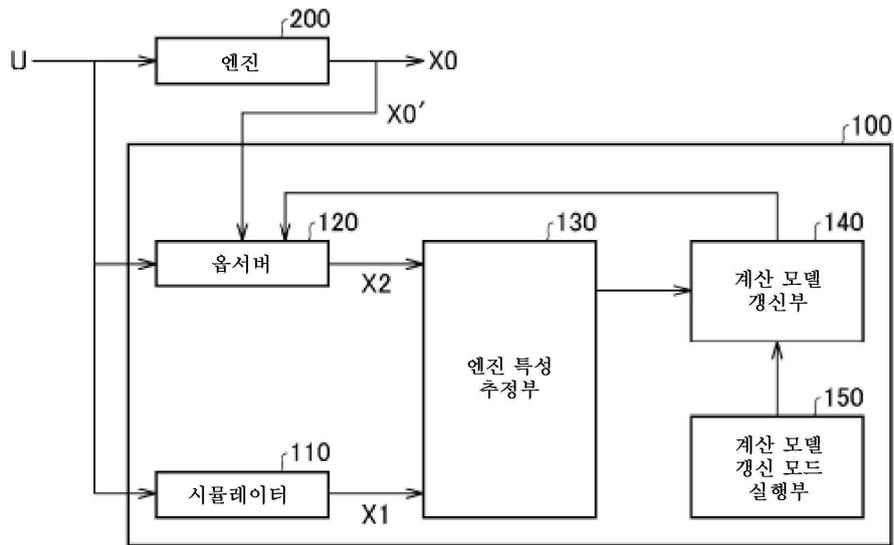
240: 과급기

X1: 제1 엔진 상태 파라미터

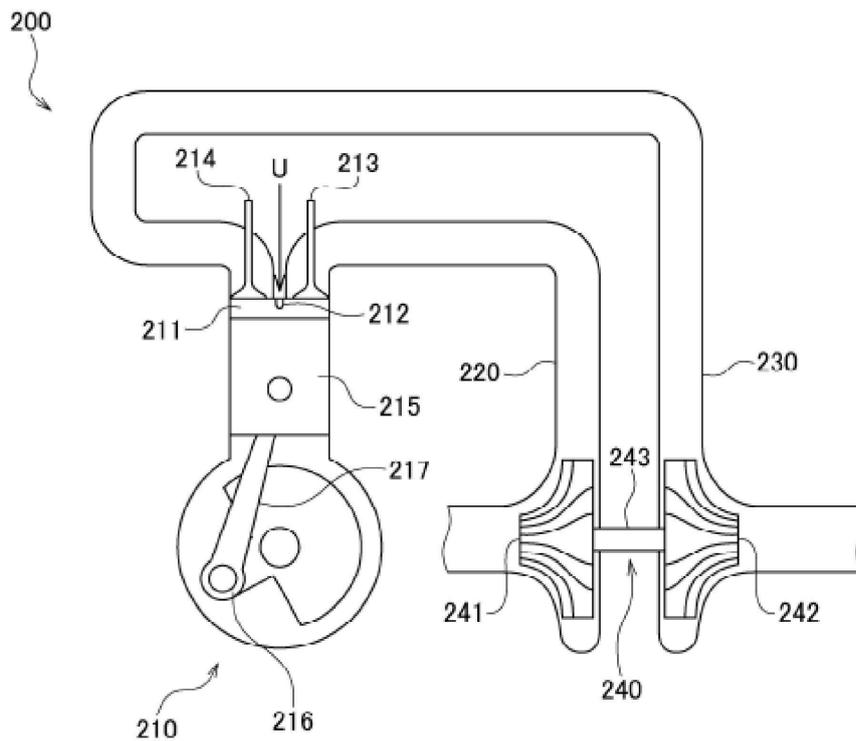
X2: 제2 엔진 상태 파라미터

도면

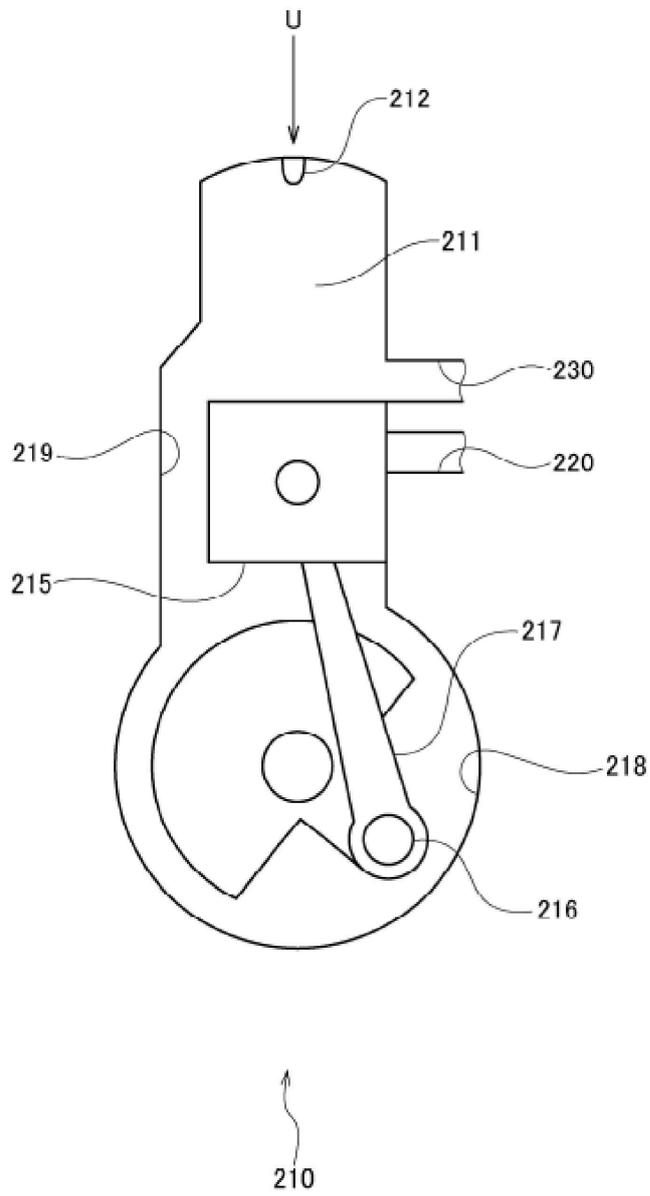
도면1



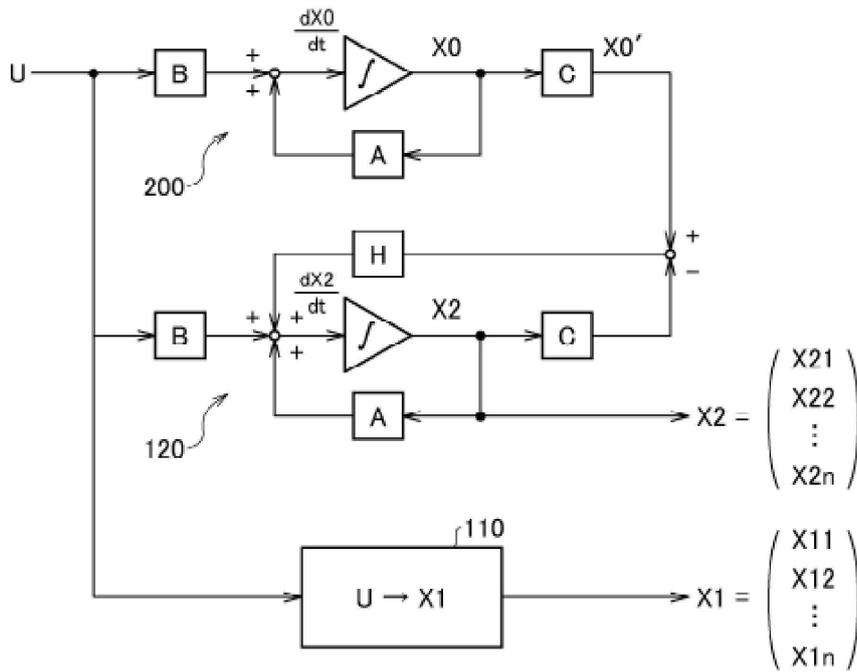
도면2



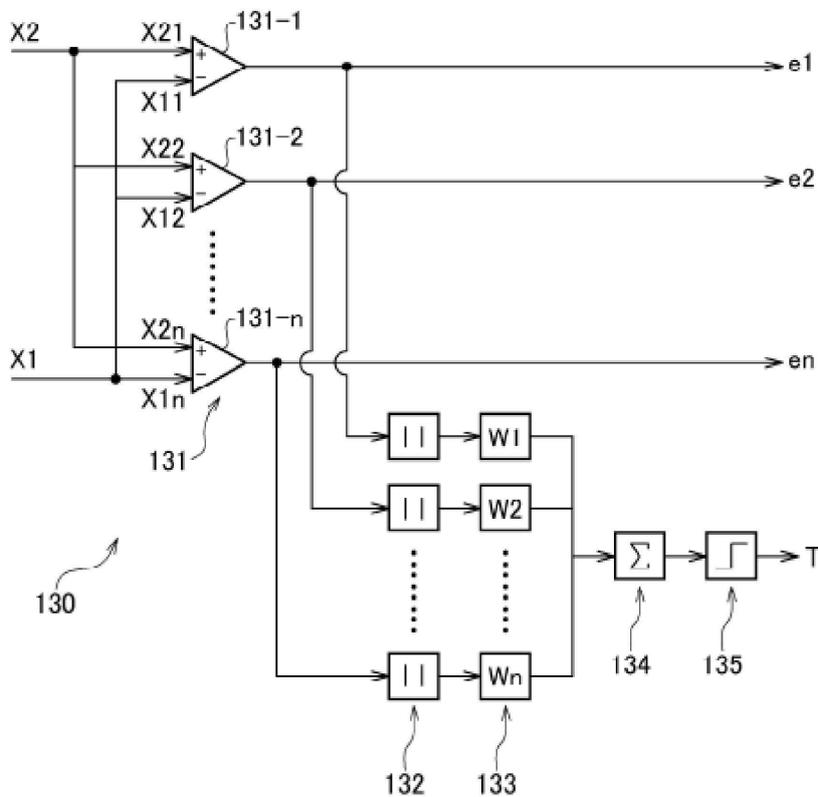
도면3



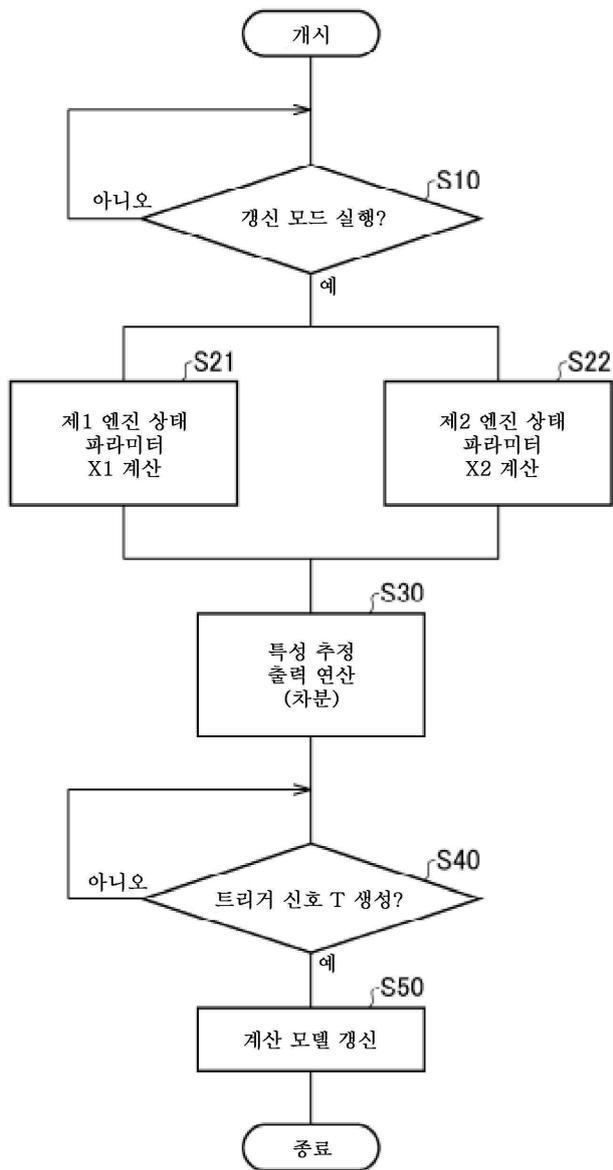
도면4



도면5



도면6



도면7

