



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0012872  
(43) 공개일자 2022년02월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G05B 11/36 (2006.01) B63H 21/21 (2006.01)  
F02D 29/02 (2006.01) F02D 41/04 (2006.01)  
F02D 45/00 (2022.01) G05B 13/02 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
G05B 11/36 (2013.01)  
B63H 21/21 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7040733
- (22) 출원일자(국제) 2020년05월22일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2021년12월13일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2020/020426
- (87) 국제공개번호 WO 2020/235689  
국제공개일자 2020년11월26일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2019-095769 2019년05월22일 일본(JP)

- (71) 출원인  
고쿠리츠겐큐카이하츠호진 가이쥬 · 고완 · 고쿠기  
쥬츠겐큐쥬  
일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고  
나부테스코 가부시카가이샤  
일본 도쿄도 지요다쿠 히라카와쥬 2초메 7방 9고
- (72) 발명자  
본다렌코 올레스키  
일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고  
고쿠리츠겐큐카이하츠호진 가이쥬 · 고완 · 고쿠기  
쥬츠겐큐쥬 내  
후쿠다 테쯔코  
일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고  
고쿠리츠겐큐카이하츠호진 가이쥬 · 고완 · 고쿠기  
쥬츠겐큐쥬 내  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
강일우

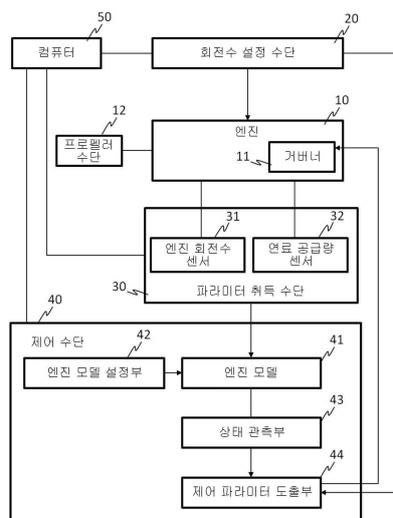
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 엔진 제어 방법, 엔진 제어 시스템, 및 선박

(57) 요약

피드포워드 제어에 의해 엔진 성능을 개선시키는 엔진 제어 방법, 엔진 제어 시스템, 및 엔진 제어 시스템을 탑재한 선박을 제공하는 것을 과제로 하고, 엔진 모델(41)을 설정하는 엔진 모델 설정 스텝(S1)과, 엔진(10)의 설정 회전수( $n_{sp}$ )를 취득하는 설정 회전수 취득 스텝(S2)과, 엔진(10)의 부하 변동을 예측하기 위한 파라미터를 취득하는 파라미터 취득 스텝(S3)과, 파라미터를 엔진 모델(41)에 적용하여, 엔진(10)의 부하 변동을 포함하는 상태 관측을 행하는 상태 관측 스텝(S4)과, 부하 변동의 예측 결과와, 설정 회전수( $n_{sp}$ )에 기초하여 엔진(10)을 제어하기 위한 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 제어 파라미터 도출 스텝(S5)과, 피드포워드 제어 파라미터를 엔진(10)의 제어에 적용하는 엔진 제어 스텝(S6)을 실행시킨다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*F02D 29/02* (2013.01)

*F02D 41/04* (2013.01)

*F02D 45/00* (2022.01)

*G05B 13/02* (2013.01)

(72) 발명자

**키타가와 야스시**

일본국 도쿄도 미타카시 신카와 6초메 38반 1고 고  
쿠리츠겐큐카이하츠호진 가이쥬 · 고완 · 고쿠기쥬츠  
겐큐쥬 내

**이데구치 마코토**

일본국 효고켄 고베시 니시쿠 후쿠요시다이 1초메  
1617반 1 나부테스코 가부시키키가이샤 세이신 고쥬  
내

**후지와라 마코토**

일본국 효고켄 고베시 니시쿠 후쿠요시다이 1초메  
1617반 1 나부테스코 가부시키키가이샤 세이신 고쥬  
내

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

엔진의 엔진 모델을 설정하는 엔진 모델 설정 스텝과,  
 상기 엔진의 설정 회전수를 취득하는 설정 회전수 취득 스텝과,  
 상기 엔진의 부하 변동을 예측하기 위한 파라미터를 취득하는 파라미터 취득 스텝과,  
 취득된 상기 파라미터를 상기 엔진 모델에 적용하여, 상기 엔진의 상기 부하 변동을 포함하는 상태 관측을 행하는 상태 관측 스텝과,  
 상기 상태 관측에 의한 상기 부하 변동의 예측 결과와, 상기 엔진의 상기 설정 회전수에 기초하여 상기 엔진을 제어하기 위한 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 제어 파라미터 도출 스텝과,  
 도출된 상기 피드포워드 제어 파라미터를 상기 엔진의 제어에 적용하는 엔진 제어 스텝  
 을 실행하는 것을 특징으로 하는 엔진 제어 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
 상기 파라미터 취득 스텝에서 취득하는 상기 파라미터는, 엔진 회전수와 연료 공급량인 것을 특징으로 하는 엔진 제어 방법.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,  
 상기 상태 관측 스텝에 있어서, 상기 파라미터를 상기 엔진 모델에 적용해서 얻어지는 엔진 부하의 추정 결과에 기초하여, 상기 부하 변동의 상기 예측 결과를 얻는 것을 특징으로 하는 엔진 제어 방법.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제어 파라미터 도출 스텝에 있어서, 시스템 전달 함수 모델에 상기 부하 변동의 상기 예측 결과와 상기 설정 회전수를 적용하여, 상기 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 것을 특징으로 하는 엔진 제어 방법.

#### 청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제어 파라미터 도출 스텝에 있어서, 상기 부하 변동의 상기 예측 결과와 상기 설정 회전수를 칼만 필터에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 상기 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 것을 특징으로 하는 엔진 제어 방법.

#### 청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제어 파라미터 도출 스텝에 있어서, 상기 부하 변동의 상기 예측 결과와 상기 설정 회전수를 퍼지 추론에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 상기 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 것을 특징으로 하는 엔진 제어 방법.

#### 청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 엔진 제어 스텝에 있어서, 상기 엔진에 마련한 거버너에 상기 피드포워드 제어 파라미터로서 지령 회전수를 출력하는 것을 특징으로 하는 엔진 제어 방법.

#### 청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 엔진의 상기 부하 변동은, 상기 엔진에 연결되는 프로펠러의 외란에 의한 변동인 것을 특징으로 하는 엔진 제어 방법.

#### 청구항 9

엔진과, 상기 엔진의 회전수를 설정하는 회전수 설정 수단과, 상기 엔진의 부하 변동을 예측하기 위한 파라미터를 취득하는 파라미터 취득 수단과, 상기 엔진의 엔진 모델을 설정하는 엔진 모델 설정부, 취득된 상기 파라미터를 상기 엔진 모델에 적용하여 상기 엔진의 상기 부하 변동을 포함하는 상태 관측을 행하는 상태 관측부, 및 상기 상태 관측에 의한 상기 부하 변동의 예측 결과와 상기 회전수 설정 수단에 의해 설정된 설정 회전수에 기초하여 상기 엔진을 제어하기 위한 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 제어 파라미터 도출부를 가진 제어 수단을 구비하고, 도출된 상기 피드포워드 제어 파라미터에 기초하여 상기 엔진을 제어하는 것을 특징으로 하는 엔진 제어 시스템.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 파라미터 취득 수단은, 엔진 회전수 센서와 연료 공급량 센서인 것을 특징으로 하는 엔진 제어 시스템.

#### 청구항 11

제9항 또는 제10항에 있어서,

상기 상태 관측부에 있어서, 상기 파라미터를 상기 엔진 모델에 적용해서 얻어지는 엔진 부하의 추정 결과에 기초하여, 상기 부하 변동의 상기 예측 결과를 얻는 것을 특징으로 하는 엔진 제어 시스템.

#### 청구항 12

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어 파라미터 도출부에 있어서, 시스템 전달 함수 모델에 상기 부하 변동의 상기 예측 결과와 상기 설정 회전수를 적용하여, 상기 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 것을 특징으로 하는 엔진 제어 시스템.

#### 청구항 13

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어 파라미터 도출부에 있어서, 상기 부하 변동의 상기 예측 결과와 상기 설정 회전수를 칼만 필터에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 상기 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 것을 특징으로 하는 엔진 제어 시스템.

#### 청구항 14

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어 파라미터 도출부에 있어서, 상기 부하 변동의 상기 예측 결과와 상기 설정 회전수를 퍼지 추론에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 상기 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 것을 특징으로 하는 엔진 제어 시스템.

#### 청구항 15

제9항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제어 수단은, 상기 엔진에 마련한 거버너를 상기 피드포워드 제어 파라미터로서의 지령 회전수로 제어하는 것을 특징으로 하는 엔진 제어 시스템.

**청구항 16**

제9항 내지 제15항 중 어느 한 항에 기재된 엔진 제어 시스템을, 상기 엔진에 의해 구동되는 프로펠러 수단을 가진 선박에 탑재한 것을 특징으로 하는 선박.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

상기 프로펠러 수단의 외란에 의한 변동을 상기 상태 관측부에 있어서의 상기 엔진의 상기 부하 변동으로 해서 상태 관측을 행하는 것을 특징으로 하는 선박.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 엔진 성능을 개선시킬 수 있는 엔진 제어 방법, 엔진 제어 시스템, 및 선박에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] EEDI(에너지 효율 설계 지표) 규제나 CO<sub>2</sub> 배출 규제의 강화에 부응하여, 선박용 엔진은 선박의 크기에 비해 소형화하는 경향이 있다. 엔진의 소형화가 더욱더 진행되면, 현상태의 거버너에 의한 회전수 피드백 제어만으로는, 실해역에 있어서의 프로펠러 부하 변동에 의한 엔진에의 악영향을 피할 수는 없다.

[0003] 종래, 부하 변동의 크기에 따라, 거버너의 게인을 바꾸어 제어하거나, 설정 회전수를 미리 내리거나 하는 조정이 행해지고 있지만, 프로펠러 부하 변동의 엔진에의 영향을 작게 하여 연비를 최적으로 하는 제어는 하지 못하고 있다.

[0004] 여기서, 특허문헌 1에는, 주기(主機)에 연결된 주축의 실회전수를 검출하고, 회전수 지령 및 실회전수의 편차에 대해 제어 연산부에 있어서 PID 연산을 실시하고, PID 연산에 의해 얻어진 거버너 지령을 거버너에 출력하고, 주기로 공급되는 연료량을 제어하고, 또, 거버너 지령 및 실회전수를 제어 대상의 오피저버에 입력하고 프로펠러 유입 속도 변동을 추정하고, 연산부에 있어서 프로펠러 유입 속도 변동에 소정 게인을 곱하고 회전수 지령에 가산하여, 회전수 지령을 보정하는 선박용 엔진 제어 시스템이 개시되어 있다.

[0005] 또, 특허문헌 2에는, 다양한 과고, 과도 주기(波周期), 대수 선속(對水船速), 선박의 중량 등의 조합에 대해서 선체 운동을 고려한 프로펠러 유입 속도를 시뮬레이션에 의해 산출하고, 산출된 프로펠러 유입 속도의 변동으로부터 주기 회전수의 변동을 산출해서 그 표준 편차를 구하고, 이들의 결과를 기준 편차 데이터베이스로 하고, 기준 편차 데이터베이스를 참조해서 항행중의 과고, 과도 주기, 대수 선속, 선박의 중량으로부터 표준 편차를 구하고 허용 회전수 편차를 산출하고, 제어부에 있어서 주기의 PID 제어를 행하고, 게인이 상이한 복수의 제어 모드를 마련하고, 비교부에 있어서의 회전수 편차와 허용 회전수 편차의 비교에 기초하여 제어부의 제어 모드를 전환하는 선박의 주기 제어 시스템이 개시되어 있다.

[0006] 또, 특허문헌 3에는, 회전수 지령과 실측된 주축 또는 주기의 회전수의 편차를 PID 연산부에 입력해서 연료 분사 장치로부터 주기로 공급되는 연료의 양을 피드백 제어하고, 프로펠러로의 프로펠러 유입 속도를 검출하여 연산부에 입력하고, 프로펠러 유입 속도의 변동에 대응해서 제어 포인트가 효율 곡선을 따라 이동하도록 회전수 지령을 수정하는 선박용 엔진 제어 시스템이 개시되어 있다.

[0007] 또, 특허문헌 4에는, 배기 밸브와 연료 조절 수단을 구비한 엔진을 엔진 모델에 의해 엔진 상태를 추정하는 엔진 상태 관측기를 이용하여 제어하는 엔진 제어 방법으로서, 적어도 엔진의 회전수를 검출해서 엔진 상태 관측기에 입력하고, 엔진 상태 관측기에서 엔진 상태로서 적어도 공기 과잉률을 추정하고, 추정된 공기 과잉률에 기초하여 제어 대상으로서 적어도 배기 밸브를 제어하는 것이 개시되어 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0008] (특허문헌 0001) 일본공개특허 특개2012-57523호 공보
- (특허문헌 0002) 일본공개특허 특개2011-214471호 공보
- (특허문헌 0003) 일본공개특허 특개2010-236463호 공보
- (특허문헌 0004) 일본공개특허 특개2019-19783호 공보

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0009] 특허문헌 1 내지 특허문헌 3은, 어느것이나(모두) 엔진에 대해서 피드포워드 제어를 행하는 것은 아니다.
- [0010] 또, 특허문헌 4는, 엔진 상태에서 공기 과잉률을 추정하고, 추정된 공기 과잉률에 기초하여 배기 밸브의 제어를 행하는 것이지만, 피드포워드 제어에 대한 상세 설명은 발견되지 않는다.
- [0011] 그래서 본 발명은, 피드포워드 제어에 의해 엔진 성능을 개선하는 엔진 제어 방법, 엔진 제어 시스템, 및 엔진 제어 시스템을 탑재한 선박을 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 청구항 1 기재에 대응한 엔진 제어 방법에 있어서는, 엔진의 엔진 모델을 설정하는 엔진 모델 설정 스텝과, 엔진의 설정 회전수를 취득하는 설정 회전수 취득 스텝과, 엔진의 부하 변동을 예측하기 위한 파라미터를 취득하는 파라미터 취득 스텝과, 취득된 파라미터를 엔진 모델에 적용하여, 엔진의 부하 변동을 포함하는 상태 관측을 행하는 상태 관측 스텝과, 상태 관측에 의한 부하 변동의 예측 결과와, 엔진의 설정 회전수에 기초하여 엔진을 제어하기 위한 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 제어 파라미터 도출 스텝과, 도출된 피드포워드 제어 파라미터를 엔진의 제어에 적용하는 엔진 제어 스텝을 실행하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 청구항 1에 기재된 본 발명에 의하면, 상태 관측을 행하는 것에 의해 부하 변동을 예측한 피드포워드 제어를 엔진에 대해서 행하여, 엔진 성능을 개선시킬 수가 있다.
- [0014] 또한, 엔진 모델을 설정하는 것에는, 처음(최초)부터 엔진 모델의 조건을 취득하고, 또 모델내 변수를 취득하여 엔진 모델을 구축하는 것, 이미 설정된 엔진 모델의 모델내 변수를 취득하는 것, 이미 모델 파라미터도 입력된 다른 장치나 컴퓨터와 연계시키는 것 등을 포함하는 것으로 한다.
- [0015] 청구항 2 기재의 본 발명은, 파라미터 취득 스텝에서 취득하는 파라미터는, 엔진 회전수와 연료 공급량인 것을 특징으로 한다.
- [0016] 청구항 2에 기재된 본 발명에 의하면, 상태 관측에 의한 부하 변동의 예측 결과의 정밀도를 향상시키고, 더 나아가서는 피드포워드 제어 파라미터의 정밀도를 향상시킬 수가 있다.
- [0017] 청구항 3 기재의 본 발명은, 상태 관측 스텝에 있어서, 파라미터를 엔진 모델에 적용해서 얻어지는 엔진 부하의 추정 결과에 기초하여, 부하 변동의 예측 결과를 얻는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 청구항 3에 기재된 본 발명에 의하면, 추정된 엔진 부하를 부하 변동의 예측 결과에 반영할 수가 있다.
- [0019] 청구항 4 기재의 본 발명은, 제어 파라미터 도출 스텝에 있어서, 시스템 전달 함수 모델에 부하 변동의 예측 결과와 설정 회전수를 적용하여, 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 청구항 4에 기재된 본 발명에 의하면, 시스템 전달 함수 모델을 이용함으로써, 피드포워드 제어 파라미터를 보다 정밀도 좋게(고정밀도로) 도출할 수가 있다.
- [0021] 청구항 5 기재의 본 발명은, 제어 파라미터 도출 스텝에 있어서, 부하 변동의 예측 결과와 설정 회전수를 칼만(Kalman) 필터에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 청구항 5에 기재된 본 발명에 의하면, 칼만 필터를 이용함으로써, 피드포워드 제어 파라미터를 보다 정밀도 좋게 도출할 수가 있다.
- [0023] 청구항 6 기재의 본 발명은, 제어 파라미터 도출 스텝에 있어서, 부하 변동의 예측 결과와 설정 회전수를 퍼지

추론에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 것을 특징으로 한다.

- [0024] 청구항 6에 기재된 본 발명에 의하면, 퍼지 추론을 이용함으로써, 피드포워드 제어 파라미터를 보다 정밀도 좋게 도출할 수가 있다.
- [0025] 청구항 7 기재의 본 발명은, 엔진 제어 스텝에 있어서, 엔진에 마련한 거버너에 피드포워드 제어 파라미터로서 지령 회전수를 출력하는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 청구항 7에 기재된 본 발명에 의하면, 부하 변동에 대한 엔진의 응답을 빨리하고, 쓸데없는 움직임을 작게 함으로써 연비를 향상시키는 제어를 행할 수가 있다.
- [0027] 청구항 8 기재의 본 발명은, 엔진의 부하 변동은, 엔진에 연결되는 프로펠러의 외란에 의한 변동인 것을 특징으로 한다.
- [0028] 청구항 8에 기재된 본 발명에 의하면, 엔진의 부하 변동에 영향이 큰 프로펠러 부하 변동을 예측한 제어를 행할 수가 있다.
- [0029] 또한, 청구항 1 내지 청구항 8 중 어느 한 항에 있어서의, 엔진 모델 설정 스텝, 설정 회전수 취득 스텝, 파라미터 취득 스텝, 상태 관측 스텝, 제어 파라미터 도출 스텝, 엔진 제어 스텝을 컴퓨터의 프로그램으로서 실행시킬 수도 있다. 또, 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독가능한 기록 매체이더라도, 컴퓨터를 기능시키는 것에 의해, 그 작용과 효과는, 마찬가지로 발휘할 수 있다.
- [0030] 청구항 9 기재에 대응한 엔진 제어 시스템에 있어서는, 엔진과, 엔진의 회전수를 설정하는 회전수 설정 수단과, 엔진의 부하 변동을 예측하기 위한 파라미터를 취득하는 파라미터 취득 수단과, 엔진의 엔진 모델을 설정하는 엔진 모델 설정부, 취득된 파라미터를 엔진 모델에 적용하여 엔진의 부하 변동을 포함하는 상태 관측을 행하는 상태 관측부, 및 상태 관측에 의한 부하 변동의 예측 결과와 회전수 설정 수단에 의해 설정된 설정 회전수에 기초하여 엔진을 제어하기 위한 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 제어 파라미터 도출부를 가진 제어 수단을 구비하고, 도출된 피드포워드 제어 파라미터에 기초하여 엔진을 제어하는 것을 특징으로 한다.
- [0031] 청구항 9에 기재된 본 발명에 의하면, 상태 관측을 행하는 것에 의해 부하 변동을 예측한 피드포워드 제어를 엔진에 대해서 행하여, 엔진 성능을 개선시킬 수가 있다.
- [0032] 청구항 10 기재의 본 발명은, 파라미터 취득 수단은, 엔진 회전수 센서와 연료 공급량 센서인 것을 특징으로 한다.
- [0033] 청구항 10에 기재된 본 발명에 의하면, 상태 관측부에 있어서의 부하 변동의 예측 결과의 정밀도를 향상시키고, 더 나아가서는 제어 파라미터 도출부에 있어서의 피드포워드 제어 파라미터의 도출 정밀도를 향상시킬 수가 있다.
- [0034] 청구항 11 기재의 본 발명은, 상태 관측부에 있어서, 파라미터를 엔진 모델에 적용해서 얻어지는 엔진 부하의 추정 결과에 기초하여, 부하 변동의 예측 결과를 얻는 것을 특징으로 한다.
- [0035] 청구항 11에 기재된 본 발명에 의하면, 추정된 엔진 부하를 부하 변동의 예측 결과에 반영할 수가 있다.
- [0036] 청구항 12 기재의 본 발명은, 제어 파라미터 도출부에 있어서, 시스템 전달 함수 모델에 부하 변동의 예측 결과와 설정 회전수를 적용하여, 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 것을 특징으로 한다.
- [0037] 청구항 12에 기재된 본 발명에 의하면, 시스템 전달 함수 모델을 이용함으로써, 피드포워드 제어 파라미터를 보다 정밀도 좋게 도출할 수가 있다.
- [0038] 청구항 13 기재의 본 발명은, 제어 파라미터 도출부에 있어서, 부하 변동의 예측 결과와 설정 회전수를 칼만 필터에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 것을 특징으로 한다.
- [0039] 청구항 13에 기재된 본 발명에 의하면, 칼만 필터를 이용함으로써, 피드포워드 제어 파라미터를 보다 정밀도 좋게 도출할 수가 있다.
- [0040] 청구항 14 기재의 본 발명은, 제어 파라미터 도출부에 있어서, 부하 변동의 예측 결과와 설정 회전수를 퍼지 추론에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 것을 특징으로 한다.
- [0041] 청구항 14에 기재된 본 발명에 의하면, 퍼지 추론을 이용함으로써, 피드포워드 제어 파라미터를 보다 정밀도 좋게 도출할 수가 있다.

- [0042] 청구항 15 기재의 본 발명은, 제어 수단은, 엔진에 마련한 거버너를 피드포워드 제어 파라미터로서의 지령 회전수로 제어하는 것을 특징으로 한다.
- [0043] 청구항 15에 기재된 본 발명에 의하면, 부하 변동에 대한 엔진의 응답을 빨리하고, 쓸데없는 움직임은 작게 함으로써 연비를 향상시키는 제어를 행할 수가 있다.
- [0044] 청구항 16 기재에 대응한 선택에 있어서는, 엔진 제어 시스템을, 엔진에 의해 구동되는 프로펠러 수단을 가진 선택에 탑재한 것을 특징으로 한다.
- [0045] 청구항 16에 기재된 본 발명에 의하면, 엔진 성능을 개선시키는 엔진 제어 시스템이 탑재된 선택을 제공할 수가 있다.
- [0046] 청구항 17 기재의 본 발명은, 프로펠러 수단의 외란에 의한 변동을 상태 관측부에 있어서의 엔진의 부하 변동으로 해서 상태 관측을 행하는 것을 특징으로 한다.
- [0047] 청구항 17에 기재된 본 발명에 의하면, 엔진의 부하 변동에 영향이 큰 프로펠러 부하 변동을 예측한 제어를 행할 수가 있다.

**발명의 효과**

- [0048] 본 발명의 엔진 제어 방법에 의하면, 상태 관측을 행하는 것에 의해 부하 변동을 예측한 피드포워드 제어를 엔진에 대해서 행하여, 엔진 성능을 개선시킬 수가 있다.
- [0049] 또, 파라미터 취득 스텝에서 취득하는 파라미터는, 엔진 회전수와 연료 공급량인 경우에는, 상태 관측에 의한 부하 변동의 예측 결과의 정밀도를 향상시키고, 더 나아가서는 피드포워드 제어 파라미터의 정밀도를 향상시킬 수가 있다.
- [0050] 또, 상태 관측 스텝에 있어서, 파라미터를 엔진 모델에 적용해서 얻어지는 엔진 부하의 추정 결과에 기초하여, 부하 변동의 예측 결과를 얻는 경우에는, 추정된 엔진 부하를 부하 변동의 예측 결과에 반영할 수가 있다.
- [0051] 또, 제어 파라미터 도출 스텝에 있어서, 시스템 전달 함수 모델에 부하 변동의 예측 결과와 설정 회전수를 적용하여, 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 경우에는, 시스템 전달 함수 모델을 이용함으로써, 피드포워드 제어 파라미터를 보다 정밀도 좋게 도출할 수가 있다.
- [0052] 또, 제어 파라미터 도출 스텝에 있어서, 부하 변동의 예측 결과와 설정 회전수를 칼만 필터에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 경우에는, 칼만 필터를 이용함으로써, 피드포워드 제어 파라미터를 보다 정밀도 좋게 도출할 수가 있다.
- [0053] 또, 제어 파라미터 도출 스텝에 있어서, 부하 변동의 예측 결과와 설정 회전수를 퍼지 추론에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 경우에는, 퍼지 추론을 이용함으로써, 피드포워드 제어 파라미터를 보다 정밀도 좋게 도출할 수가 있다.
- [0054] 또, 엔진 제어 스텝에 있어서, 엔진에 마련한 거버너에 피드포워드 제어 파라미터로서 지령 회전수를 출력하는 경우에는, 부하 변동에 대한 엔진의 응답을 빨리하고, 쓸데없는 움직임을 작게 함으로써 연비를 향상시키는 제어를 행할 수가 있다.
- [0055] 또, 엔진의 부하 변동은, 엔진에 연결되는 프로펠러의 외란에 의한 변동인 경우에는, 엔진의 부하 변동에 영향이 큰 프로펠러 부하 변동을 예측한 제어를 행할 수가 있다.
- [0056] 또, 본 발명의 엔진 제어 시스템에 의하면, 상태 관측을 행하는 것에 의해 부하 변동을 예측한 피드포워드 제어를 엔진에 대해서 행하여, 엔진 성능을 개선시킬 수가 있다.
- [0057] 또, 파라미터 취득 수단은, 엔진 회전수 센서와 연료 공급량 센서인 경우에는, 상태 관측부에 있어서의 부하 변동의 예측 결과의 정밀도를 향상시키고, 더 나아가서는 제어 파라미터 도출부에 있어서의 피드포워드 제어 파라미터의 도출 정밀도를 향상시킬 수가 있다.
- [0058] 또, 상태 관측부에 있어서, 파라미터를 엔진 모델에 적용해서 얻어지는 엔진 부하의 추정 결과에 기초하여, 부하 변동의 예측 결과를 얻는 경우에는, 추정된 엔진 부하를 부하 변동의 예측 결과에 반영할 수가 있다.
- [0059] 또, 제어 파라미터 도출부에 있어서, 시스템 전달 함수 모델에 부하 변동의 예측 결과와 설정 회전수를 적용하여, 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 경우에는, 시스템 전달 함수 모델을 이용함으로써, 피드포워드 제어

파라미터를 보다 정밀도 좋게 도출할 수가 있다.

- [0060] 또, 제어 파라미터 도출부에 있어서, 부하 변동의 예측 결과와 설정 회전수를 칼만 필터에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 경우에는, 칼만 필터를 이용함으로써, 피드포워드 제어 파라미터를 보다 정밀도 좋게 도출할 수가 있다.
- [0061] 또, 제어 파라미터 도출부에 있어서, 부하 변동의 예측 결과와 설정 회전수를 퍼지 추론에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 경우에는, 퍼지 추론을 이용함으로써, 피드포워드 제어 파라미터를 보다 정밀도 좋게 도출할 수가 있다.
- [0062] 또, 제어 수단은, 엔진에 마련한 거버너를 피드포워드 제어 파라미터로서의 지령 회전수로 제어하는 경우에는, 부하 변동에 대한 엔진의 응답을 빨리하고, 쓸데없는 움직임은 작게 함으로써 연비를 향상시키는 제어를 행할 수가 있다.
- [0063] 또, 본 발명의 선택에 의하면, 엔진 성능을 개선시키는 엔진 제어 시스템이 탑재된 선택을 제공할 수가 있다.
- [0064] 또, 프로펠러 수단의 외란에 의한 변동을 상태 관측부에 있어서의 엔진의 부하 변동으로 해서 상태 관측을 행하는 경우에는, 엔진의 부하 변동에 영향이 큰 프로펠러 부하 변동을 예측한 제어를 행할 수가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0065] 도 1은 본 발명의 실시형태에 의한 엔진 제어 시스템의 블록도.
- 도 2는 같은(同) 엔진 제어 방법의 플로우도(흐름도).
- 도 3은 같은 피드포워드 제어의 예로서, 시스템 전달 함수 모델을 이용하는 경우의 설명도.
- 도 4는 같은 피드포워드 제어의 예로서, 칼만 필터를 이용하는 경우의 설명도.
- 도 5는 같은 피드포워드 제어의 예로서, 퍼지 추론을 이용하는 경우의 설명도.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0066] 이하에, 본 발명의 실시형태에 의한 엔진 제어 방법, 엔진 제어 시스템, 및 선택에 대하여 설명한다.
- [0067] 도 1은 본 실시형태에 의한 엔진 제어 시스템의 블록도이다.
- [0068] 엔진 제어 시스템은, 거버너(조속기)(11)가 마련된 엔진(10)과, 엔진(10)의 회전수를 설정하는 회전수 설정 수단(20)과, 엔진(10)의 부하 변동을 예측하기 위한 파라미터를 취득하는 파라미터 취득 수단(30)과, 제어 수단(40)을 구비한다.
- [0069] 제어 수단(40)은, 엔진(10)의 엔진 모델(41)을 설정하는 엔진 모델 설정부(42)와, 취득된 파라미터를 엔진 모델(41)에 적용하여 엔진(10)의 부하 변동을 포함하는 상태 관측을 행하는 상태 관측부(43)와, 상태 관측에 의한 부하 변동의 예측 결과 및 회전수 설정 수단(20)에 의해 설정된 설정 회전수에 기초하여 엔진(10)을 제어하기 위한 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 제어 파라미터 도출부(44)를 가진다.
- [0070] 엔진 제어 시스템은, 엔진(10)에 의해 구동되는 프로펠러 수단(프로펠러)(12)을 가진 선택에 탑재되어 있다.
- [0071] 엔진 제어 시스템은, 제어 파라미터 도출부(44)가 도출한 피드포워드 제어 파라미터에 기초하여 엔진(10)을 제어한다. 상태 관측을 행하는 것에 의해 부하 변동을 예측한 피드포워드 제어를 엔진(10)에 대해서 행하여, 엔진 성능을 개선시킬 수가 있다.
- [0072] 파라미터 취득 수단(30)은, 엔진(10)의 엔진 회전수(엔진 속도)를 검출하는 엔진 회전수 센서(31)와, 엔진(10)으로의 연료 공급량을 검출하는 연료 공급량 센서(32)를 가진다. 또한, 연료 공급량의 검출에는, 연료 펌프 랙 위치의 검출이나, 연료 유량 계측 등이 포함된다.
- [0073] 회전수 설정 수단(20), 파라미터 취득 수단(30) 및 제어 수단(40)은, 엔진 제어 프로그램을 가지는 컴퓨터(50)와 인터페이스를 거쳐 접속되어 있다.
- [0074] 또한, 컴퓨터(50)는, 제어 수단(40)의 일부, 또는 모두를 포함할 수가 있다. 컴퓨터(50)가, 제어 수단(40)의 일부를 포함하는 경우는, 다른 부분은 다른 컴퓨터나 하드 회로를 이용하여 구성된다.
- [0075] 도 2는 본 실시형태에 의한 엔진 제어 방법의 플로우도(흐름도)이다.

- [0076] 우선, 엔진 모델 설정부(42)를 이용하여, 엔진(10)의 엔진 모델(41)을 설정한다(엔진 모델 설정 스텝(S1)).
- [0077] 엔진 모델(41)은, 엔진(10)의 구성요소마다의 응답을 나타내는 물리 모델을 조합한 모델이다. 물리 모델에게는, 엔진(10)의 구성요소의 상태를 수학적으로 표현한 물리 수학 모델, 기계 학습(ML) 모델, 비선형 회귀(NLR) 모델, 전달 함수(TF) 모델 등이 있다. 여기서, 물리 수학 모델은, 모델 작성의 데이터가 있으면 엔진(10)을 충실하게 재현할 수 있다. 또, 기계 학습(ML) 모델은, 구성이 약간 복잡하지만, 계측 수단(40)의 계측 정밀도가 충분하고 모델 작성의 데이터가 있으면 엔진(10)에 충실하다. 비선형 회귀(NLR) 모델은, 구성은 간단하지만, 계측 수단(30)에 의한 많은 계측값이 있어도 정밀도가 다소 뒤떨어진다. 전달 함수(TF) 모델은, 구성은 간단하지만, 주기관(10)의 구성요소(예를 들면 냉각기 등)에 따라서는, 이것으로 충분한 경우도 있다. 이들 모델은 일장 일단(一長一短)이 있지만, 입수할 수 있는 데이터 항목이나 양에 따라 구분하여 사용하는 것이 바람직하다.
- [0078] 여기에서는, 대표예로서 선박용 디젤 엔진의 물리 수학 모델만으로 물리 모델을 구성하는 예를 기술한다.
- [0079] 우선, 엔진 회전수의 조속을 위한 거버너(11)의 모델을 들 수 있다. 거버너(11)는 엔진 토크 발생을 위한 연료 투입량을 정해진 제어 설정에 따라 결정하는 것이고, 기계식 거버너를 대상으로 하는 경우는 제어 상의 설정이 반영된 시정수나 비례 게인 계수를 포함한 일차 미분 방정식으로 나타내어지는 모델인 경우가 많고, 전자 거버너의 경우는 PID 제어칙에 따른 모델로 된다. 엔진 토크 발생 모델은 연료 연소에 의한 엔진 토크 발생을 모델화한 것이고, 거버너 모델로부터 출력되는 연료 투입량이나 엔진 회전수 및 과급기 회전수가 변수로 되고, 발생된 파워 토크와 축계의 마찰을 뺀 모델로 되는 것이 일반적이다. 과급기 회전수가 계측되지 않는 경우는 과급기 회전수 모델에 의해 값을 계산한다. 이 모델은 과급기의 터빈 토크와 컴프레서 토크를 외력항으로 한 축운동 미분 방정식에 의해서 구하는 경우가 많고, 터빈 토크나 컴프레서 토크의 계산에 연소실의 소기(掃氣) 및 배기(排氣)를 고려한 특성 방정식의 계산을 행한다. 이들 계산에는 연소 문제를 실린더마다 개별적으로 취급하는 계산법이나, 모든 실린더의 연소 문제를 1회전 사이클의 평균값으로 대표시켜서 취급하는 계산법도 있다. 엔진 회전수의 응답 모델은 엔진 토크와 프로펠러 토크 등의 외력 부하 토크를 외력항으로 한 추진 축계의 축운동 미분 방정식에 의해서 구한다.
- [0080] 선박용 디젤 엔진의 물리 모델을 물리 수학 모델로 구성하는 경우는 이상의 구성이 일반적이다.
- [0081] 또한, 엔진 모델 설정부(42)는, 제어 수단(40)에 포함시키지 않고, 다른 컴퓨터 등으로 구성하고, 이 엔진 모델 설정부(42)를 이용하여, 미리 제어 수단(40)에 엔진 모델(41)을 설정해 둘 수도 있다.
- [0082] 제어 수단(40)이 컴퓨터(컴퓨터(50)로 구성되는 경우를 포함한다)로 구성되어 있는 경우, 엔진 모델 설정부(42)는, 엔진 모델(41)의 입력된 조건을 취득하고, 또 모델내 변수를 취득하여 엔진 모델(41)을 구축해서 설정하는 것, 이미 설정된 엔진 모델(41)의 입력된 모델내 변수를 취득하여 설정하는 것, 이미 모델 파라미터도 입력된 다른 컴퓨터나 장치의 엔진 모델(41)과 연계시키는 것을 포함한다.
- [0083] 모델내 변수(계수·정수(상수))를 동정하기 위해서는, 엔진(10)과 같은 형(同型)의 엔진의 육상 운전 결과 등의 선박 취항 전에 수집가능한 데이터를 이용하거나, 취항 후에 취득할 수 있는 데이터를 이용한다. 취항 후에 취득한 데이터를 이용하여 모델내 변수를 갱신함으로써, 엔진 제어 시스템의 경년열화(經年劣化)에 대응할 수 있다.
- [0084] 다음에, 회전수 설정 수단(20)에 의해 설정된 엔진(10)의 설정 회전수를 취득한다(설정 회전수 취득 스텝(S2)).
- [0085] 취득된 설정 회전수는, 제어 수단(40)에 송신된다.
- [0086] 다음에, 파라미터 취득 수단(30)을 이용하여, 엔진(10)의 부하 변동을 예측하기 위한 파라미터를 취득한다(파라미터 취득 스텝(S3)).
- [0087] 파라미터 취득 스텝(S3)에 있어서 취득하는 파라미터는, 엔진 회전수 센서(31)에 의해서 취득하는 엔진 회전수와, 연료 공급량 센서(32)에 의해서 취득하는 엔진(10)으로의 연료 공급량인 것이 바람직하다. 이것에 의해, 상태 관측에 의한 부하 변동의 예측 결과의 정밀도를 향상시키고, 더 나아가서는 피드포워드 제어 파라미터의 정밀도를 향상시킬 수가 있다. 또한, 엔진 회전수 센서(31)는 엔진(10)의 회전수를 직접 검출(포토커플러, 로터리 인코더 등), 또 간접적으로 검출(프로펠러축 회전계 등)하는 각종 센서를 채용할 수 있다.
- [0088] 다음에, 상태 관측부(43)에 있어서, 파라미터 취득 수단(30)을 이용하여 취득한 파라미터를 엔진 모델(41)에 적용하고, 계산을 행해서 엔진(10)의 부하 변동을 포함하는 상태 관측을 행한다(상태 관측 스텝(S4)).
- [0089] 상태 관측부(43)에 있어서는, 파라미터를 엔진 모델(41)에 적용해서 얻어지는 엔진 부하의 추정 결과에 기초하

여, 부하 변동의 예측 결과를 얻는 것이 바람직하다. 이것에 의해, 추정된 엔진 부하를 부하 변동의 예측 결과에 반영할 수가 있다.

- [0090] 또, 본 실시형태에서는, 엔진(10)의 부하 변동은, 엔진(10)에 연결되는 프로펠러 수단(12)의 외란에 의한 변동으로 하고 있다. 이것에 의해, 엔진(10)의 부하 변동에 영향이 큰 프로펠러 부하 변동을 예측한 제어를 행할 수가 있다.
- [0091] 다음에, 제어 파라미터 도출부(44)를 이용하여, 상태 관측부(43)에 있어서의 상태 관측에 의한 부하 변동의 예측 결과와, 엔진(10)의 설정 회전수에 기초하여, 엔진(10)을 제어하기 위한 피드포워드 제어 파라미터를 도출한다(제어 파라미터 도출 스텝(S5)).
- [0092] 다음에, 제어 수단(40)은, 도출된 피드포워드 제어 파라미터를 엔진(10)의 제어에 적용한다(엔진 제어 스텝(S6)).
- [0093] 엔진(10)의 제어로서 예를 들면, 제어 파라미터 도출부(44)가 피드포워드 제어 파라미터로서 지령 회전수를 도출하고, 제어 수단(40)은, 엔진(10)에 마련한 거버너(11)를 피드포워드 제어 파라미터로서의 지령 회전수로 제어한다. 이것에 의해, 부하 변동에 대한 엔진(10)의 응답을 빨리하고, 쓸데없는 움직임을 작게 함으로써 연비를 향상시키는 제어를 행할 수가 있다.
- [0094] 또한, 피드포워드 제어 파라미터로서 지령 회전수를 도출하고, 거버너(11)를 제어하는 것은, 회전수 설정 수단(20)에 의해 설정된 엔진(10)의 설정 회전수를 지령 회전수로 치환해서 예측 제어하게 된다.
- [0095] 도 3은 본 실시형태에 의한 피드포워드 제어의 예로서, 시스템 전달 함수 모델을 이용하는 경우의 설명도이다.
- [0096] 도 3의 (a)는 엔진 제어 시스템의 구성을 도시하고 있다. 또한, 프로펠러 수단(12), 회전수 설정 수단(20), 파라미터 취득 수단(30), 엔진 모델 설정부(42), 및 컴퓨터(50)에 대해서는 도시를 생략하고 있다.
- [0097] 엔진 모델(41) 및 상태 관측부(43)에는, 파라미터 취득 수단(30)에서 취득한 엔진(10)의 파라미터(엔진 회전수( $n_e$ ), 연료 공급량( $h_p$ ), 과급기 회전수( $n_{TC}$ ), 소기압( $P_s$ ), 및 평균 유효 압력( $P_e$ ))가 입력된다. 또한, 과급기 회전수( $n_{TC}$ ), 소기압( $P_s$ ), 및 평균 유효 압력( $P_e$ )은, 엔진 모델(41)을 이용하여 추정해도 된다.
- [0098] 상태 관측부(43)는, 취득된 파라미터를 엔진 모델(41)에 적용해서 상태 관측을 행하고, 엔진(10)의 부하 변동의 예측 결과로서 프로펠러 유입 속도(프로펠러 외란)의 추정값( $u_p$ )(「 $u$ 」는 상부에 「 $\sim$ 」 부가)을 출력한다.
- [0099] 제어 파라미터 도출부(44)는, 시스템 전달 함수 모델에 프로펠러 유입 속도의 추정값( $u_p$ )(「 $u$ 」는 상부에 「 $\sim$ 」 부가)과 설정 회전수를 적용하여, 피드포워드 제어 파라미터를 도출한다. 시스템 전달 함수 모델을 이용함으로써, 피드포워드 제어 파라미터를 보다 정밀도 좋게 도출하고, 연비의 향상 등으로 이어지게 할 수가 있다.
- [0100] 도 3의 (b)는 시스템 전달 함수 모델을 도시하는 도면이다. 도 3의 (b)에 있어서, 「 $n_{sp}$ 」는 엔진(10)의 설정 회전수, 「FF」는 피드포워드 필터, 「 $W_c$ 」는 거버너 응답(전달) 기능, 「 $W_h$ 」는 거버너가 출력하는 연료 공급량( $h_p$ )으로부터 엔진 회전수( $n_e$ )로의 전달 함수, 「 $W_u$ 」는 외란( $u_p$ )(「 $u$ 」는 상부에 「 $\sim$ 」 부가)으로부터 엔진 회전수( $n_e$ )로의 전달 함수, 「 $W_{nt}$ 」는 과급기로부터 엔진 회전수( $n_e$ )로의 전달 함수, 「 $W_{ne}$ 」는 엔진 회전수( $n_e$ )로부터 과급기로의 전달 함수, 「 $W_{th}$ 」는 거버너(11)로부터 과급기로의 전달 함수이다.
- [0101] 출력( $Y$ )은, 전달 함수( $W_{ss}$ )에 상태( $X$ )를 곱함으로써 구해진다. 또, 설정 회전수( $n_{sp}$ )의 제어값( $\Delta n_{sp}$ )은, 전달 함수( $W_{ss}$ )의 역수에 프로펠러 유입 속도의 추정값( $u_p$ )(「 $u$ 」는 상부에 「 $\sim$ 」 부가)을 곱함으로써 구해진다.
- [0102] 제어 수단(40)은, 피드포워드 제어 파라미터로서의 지령 회전수( $n_{order}$ )를 거버너(11)에 송신한다. 거버너(11)는 지령 회전수( $n_{order}$ )에 기초하여 연료 공급량( $h_p$ )을 조정한다. 이것에 의해, 프로펠러 유입 속도( $u_p$ )의 변동에 의한 외란을 보상해서 과급기의 속도가 안정된다. 이것은, 연료 소비량에 큰 영향을 준다. 또, 제어 수단(40)은, 제어 파라미터 도출부(44)의 피드포워드 필터의 게인을 조정해서, 엔진 회전수( $n_e$ )에의 악영향을 줄일 수가 있다. 여기서 게인이란, 제어 파라미터인 제어값( $\Delta n_{sp}$ )을 크게 바꿀지 어떨지를 결정하는 값(비례 게인)이다.
- [0103] 도 4는 본 실시형태에 의한 피드포워드 제어의 예로서, 칼만 필터를 이용하는 경우의 설명도이다. 또한, 프로펠러 수단(12), 회전수 설정 수단(20), 파라미터 취득 수단(30), 엔진 모델 설정부(42), 및 컴퓨터(50)에 대해서

는 도시를 생략하고 있다.

[0104] 엔진 모델(41) 및 상태 관측부(43)에는, 파라미터 취득 수단(30)에서 취득한 엔진(10)의 파라미터(엔진 회전수( $n_e$ ), 연료 공급량( $h_p$ ), 과급기 회전수( $n_{TC}$ ), 소기압( $P_s$ ), 및 평균 유효 압력( $P_e$ ))가 입력된다. 또한, 과급기 회전수( $n_{TC}$ ), 소기압( $P_s$ ), 및 평균 유효 압력( $P_e$ )은, 엔진 모델(41)에 의한 계산 결과를 이용하여 추정해도 된다.

[0105] 상태 관측부(43)는, 취득된 파라미터를 엔진 모델(41)에 적용해서 계산에 의해 상태 관측을 행하고, 엔진(10)의 부하 변동의 예측 결과로서 프로펠러 유입 속도(프로펠러 외란)의 추정값( $u_p$ )(「u」는 상부에 「~」 부가)을 출력한다.

[0106] 제어 파라미터 도출부(44)는, 프로펠러 유입 속도의 추정값( $u_p$ )(「u」는 상부에 「~」 부가)과 설정 회전수( $n_{sp}$ )를 칼만 필터에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 피드포워드 제어 파라미터를 도출한다. 칼만 필터를 이용함으로써, 피드포워드 제어 파라미터를 보다 정밀도 좋게 도출하여, 연비의 향상 등으로 이어지게 할 수가 있다. 또한, 칼만 필터로서는, 확장 칼만 필터(EKF), 또는 언센티드 칼만필터(UKF) 등을 이용할 수가 있다.

[0107] 피드포워드 제어 파라미터는 아래 식(1)에 의해 도출한다.

**수학식 1**

$$\begin{aligned}
 h'_p|_i &= h'_p|_{i-1} + K_G[n_{sp} - F(\tilde{u}_p, h_p)] \\
 K_G &= P_{i-1}A_{i-1}^T[A_{i-1}P_{i-1}A_{i-1}^T + R]^{-1} \\
 P_i &= [I - K_GA_{i-1}]P_{i-1} \\
 A_{i-1} &= \left. \frac{\partial F(\tilde{u}_p, h_p)}{\partial h_p} \right|_{\tilde{u}_{p_{i-1}}}
 \end{aligned} \quad \dots (1)$$

[0108]

여기서,  $h'_p$ 는 연료 공급량 보정값,  $K_G$ 는 칼만 게인,  $P_i$ 는 상태 공분산(共分散)이다.

[0110] 제어 수단(40)은, 피드포워드 제어 파라미터로서의 지령 회전수( $n_{order}$ )를 거버너(11)에 송신한다. 거버너(11)는, 회전수 설정 수단(20)에 의해 설정된 설정 회전수를 예측 제어 지령 회전수( $n_{order}$ )로 치환해서 연료 공급량( $h_p$ )을 조정한다. 이것에 의해, 프로펠러 유입 속도( $u_p$ )의 변동에 의한 외란을 보상할 수가 있다.

[0111] 도 5는 본 실시형태에 의한 피드포워드 제어의 예로서, 퍼지 추론을 이용하는 경우의 설명도이다.

[0112] 도 5의 (a)는 엔진 제어 시스템의 구성을 도시하고 있다. 또한, 프로펠러 수단(12), 회전수 설정 수단(20), 파라미터 취득 수단(30), 엔진 모델 설정부(42), 및 컴퓨터(50)에 대해서는 도시를 생략하고 있다.

[0113] 엔진 모델(41) 및 상태 관측부(43)에는, 파라미터 취득 수단(30)에서 취득한 엔진(10)의 파라미터(엔진 회전수( $n_e$ ), 연료 공급량( $h_p$ ), 과급기 회전수( $n_{TC}$ ), 소기압( $P_s$ ), 및 평균 유효 압력( $P_e$ ))가 입력된다. 또한, 과급기 회전수( $n_{TC}$ ), 소기압( $P_s$ ), 및 평균 유효 압력( $P_e$ )은, 엔진 모델(41)에 의한 계산 결과를 이용하여 추정해도 된다.

[0114] 상태 관측부(43)는, 취득된 파라미터를 엔진 모델(41)에 적용해서 계산에 의해 상태 관측을 행하고, 엔진(10)의 부하 변동의 예측 결과로서 프로펠러 유입 속도(프로펠러 외란)의 추정값( $u_p$ )(「u」는 상부에 「~」 부가)을 출력한다.

[0115] 제어 파라미터 도출부(44)는, 프로펠러 유입 속도의 추정값( $u_p$ )(「u」는 상부에 「~」 부가)과 설정 회전수( $n_{sp}$ )를 퍼지 추론에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 피드포워드 제어 파라미터를 도출한다. 퍼지 추론을 이용함으로써, 피드포워드 제어 파라미터를 보다 정밀도 좋게 도출하여, 연비의 향상 등으로 이어지게 할 수가 있다.

[0116] 도 5의 (b)는 퍼지 추론에 기초하는 피드포워드 제어 파라미터의 도출을 도시하는 도면이다. 도 5의 (b)에 있어서, 「&」는 AND 연산, 「||」은 OR 연산이다.

- [0117] 제어 파라미터 도출부(44)는, 엔진 토오크와 프로펠러 토오크를 조합하고, 프로펠러 토오크와 엔진 토오크의 불균형에 기초하여 퍼지 추론을 사용하고 피드포워드 제어 파라미터를 도출한다.
- [0118] 제어 수단(40)은, 피드포워드 제어 파라미터로서의 지령 회전수( $n_{order}$ )를 거버너(11)에 송신한다. 거버너(11)는, 회전수 설정 수단(20)에 의해 설정된 설정 회전수를 지령 회전수( $n_{order}$ )로 치환해서 연료 공급량( $h_p$ )을 조정한다. 지령 회전수( $n_{order}$ )를 변경하는 것에 의해서 프로펠러 유입 속도( $u_p$ )의 변동에 의한 외란을 보상할 수가 있다.
- [0119] 또한, 상기의 예에서는 엔진(10)의 부하 변동의 예측 결과로서 프로펠러 유입 속도(프로펠러 외란)의 추정값( $u_p$ )을 이용했지만, 프로펠러 유입 속도( $u_p$ )를 직접 예측해서 이용하고 피드포워드 제어 파라미터를 도출할 수도 있다.
- [0120] 이상의 설명은, 본 개시에 의한 전형적인 실시 형태의 설명을 위한 것이고, 한정하기 위한 것은 아니다. 본 개시가, 본 명세서에 명시적으로 기재된 형태와 상이한 형태로 실시되어도 되고, 청구범위와 일치하는 범위에서, 다양한 수정, 최적화 및 변형이, 당업자에 의해서 실현될 수 있다.
- [0121] [부기]
- [0122] 또한, 본 발명은, 다음과 같이 표현하는 것도 가능하다.
- [0123] (부기 1)
- [0124] 컴퓨터에,
- [0125] 엔진의 엔진 모델을 설정하는 엔진 모델 설정 스텝과,
- [0126] 상기 엔진의 설정 회전수를 취득하는 설정 회전수 취득 스텝과,
- [0127] 상기 엔진의 부하 변동을 예측하기 위한 파라미터를 취득하는 파라미터 취득 스텝과,
- [0128] 상기 취득된 상기 파라미터를 상기 엔진 모델에 적용하여, 상기 엔진의 상기 부하 변동을 포함하는 상태 관측을 행하는 상태 관측 스텝과,
- [0129] 상기 상태 관측에 의한 상기 부하 변동의 예측 결과와, 상기 엔진의 상기 설정 회전수에 기초하여 상기 엔진을 제어하기 위한 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 제어 파라미터 도출 스텝과,
- [0130] 도출된 상기 피드포워드 제어 파라미터를 상기 엔진의 제어에 적용하는 엔진 제어 스텝
- [0131] 을 실행시키는 것을 특징으로 하는 엔진 제어 프로그램.
- [0132] (부기 2)
- [0133] 상기 파라미터 취득 스텝에서 취득하는 상기 파라미터는, 엔진 회전수와 연료 공급량인 것을 특징으로 하는 부기 1에 기재된 엔진 제어 프로그램.
- [0134] (부기 3)
- [0135] 상기 상태 관측 스텝에 있어서, 상기 파라미터를 상기 엔진 모델에 적용해서 얻어지는 엔진 부하의 추정 결과에 기초하여, 상기 부하 변동의 상기 예측 결과를 얻는 것을 특징으로 하는 부기 1 또는 부기 2에 기재된 엔진 제어 프로그램.
- [0136] (부기 4)
- [0137] 상기 제어 파라미터 도출 스텝에 있어서, 시스템 전달 함수 모델에 상기 부하 변동의 상기 예측 결과와 상기 설정 회전수를 적용하여, 상기 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 것을 특징으로 하는 부기 1 내지 부기 3 중 어느 한 항에 기재된 엔진 제어 프로그램.
- [0138] (부기 5)
- [0139] 상기 제어 파라미터 도출 스텝에 있어서, 상기 부하 변동의 상기 예측 결과와 상기 설정 회전수를 칼만 필터에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 상기 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 것을 특징으로 하는 부기 1 내지 부기 3 중 어느 한 항에 기재된 엔진 제어 프로그램.

- [0140] (부기 6)
- [0141] 상기 제어 파라미터 도출 스텝에 있어서, 상기 부하 변동의 상기 예측 결과와 상기 설정 회전수를 퍼지 추론에 기초하여 피드포워드 보상을 해서, 상기 피드포워드 제어 파라미터를 도출하는 것을 특징으로 하는 부기 1 내지 부기 3 중 어느 한 항에 기재된 엔진 제어 프로그램.
- [0142] (부기 7)
- [0143] 상기 엔진 제어 스텝에 있어서, 상기 엔진에 마련한 거버너에 상기 피드포워드 제어 파라미터로서 지령 회전수를 출력하는 것을 특징으로 하는 부기 1 내지 부기 6 중 어느 한 항에 기재된 엔진 제어 프로그램.
- [0144] (부기 8)
- [0145] 상기 엔진의 상기 부하 변동은, 상기 엔진에 연결되는 프로펠러의 외란에 의한 변동인 것을 특징으로 하는 부기 1 내지 부기 7 중 어느 한 항에 기재된 엔진 제어 프로그램.
- [0146] (부기 9)
- [0147] 부기 1 내지 부기 8 중 어느 한 항에 기재된 엔진 제어 프로그램을 기록한 것을 특징으로 하는 엔진 제어 프로그램의 기록 매체.
- [0148] **산업상의 이용가능성**
- [0149] 본 발명은, 선박용 엔진 또는 그밖의 엔진에 대하여, 피드포워드 제어에 의해 부하 변동을 예측해서 성능을 개선하고, 연비를 향상시킬 수가 있다. 또, 본 발명은, 엔진 제어의 방법, 시스템 외에도, 프로그램, 프로그램을 기록한 기록 매체로서 전개가능하다.

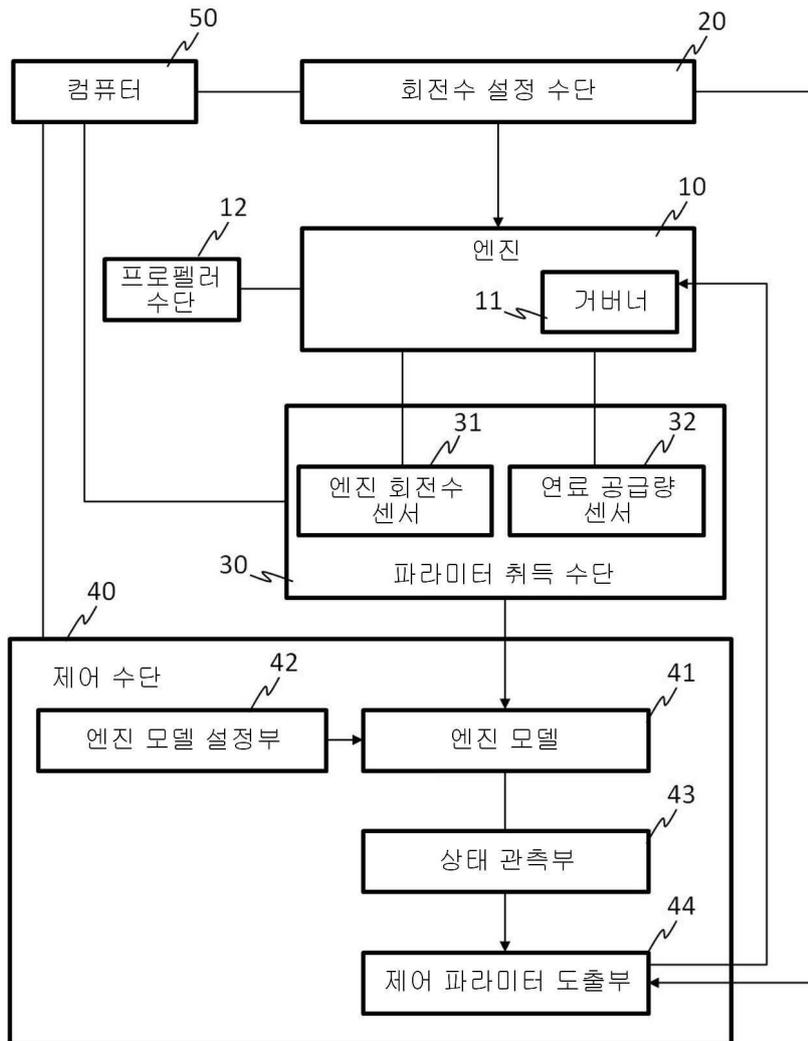
**부호의 설명**

- [0150] 10: 엔진
- 11: 거버너
- 12: 프로펠러 수단(프로펠러)
- 20: 회전수 설정 수단
- 30: 파라미터 취득 수단
- 31: 엔진 회전수 센서
- 32: 연료 공급량 센서
- 40: 제어 수단
- 41: 엔진 모델
- 42: 엔진 모델 설정부
- 43: 상태 관측부
- 44: 제어 파라미터 도출부
- 50: 컴퓨터
- S1: 엔진 모델 설정 스텝
- S2: 설정 회전수 취득 스텝
- S3: 파라미터 취득 스텝
- S4: 상태 관측 스텝
- S5: 제어 파라미터 도출 스텝
- S6: 엔진 제어 스텝

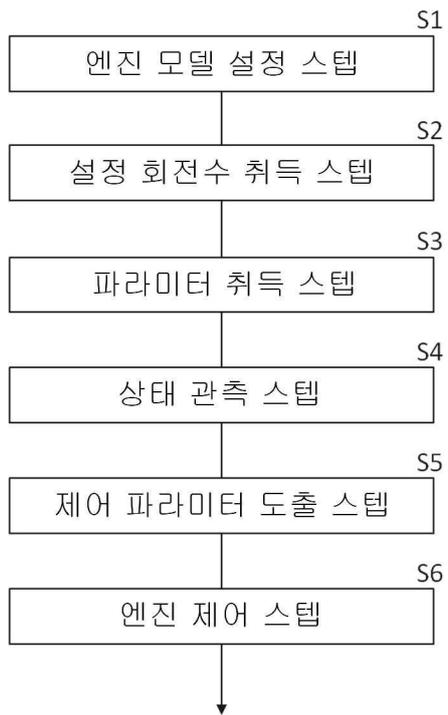
$h_p$ : 연료 공급량  
 $n_e$ : 엔진 회전수  
 $n_{order}$ : 지령 회전수  
 $n_{sp}$ : 설정 회전수

도면

도면1

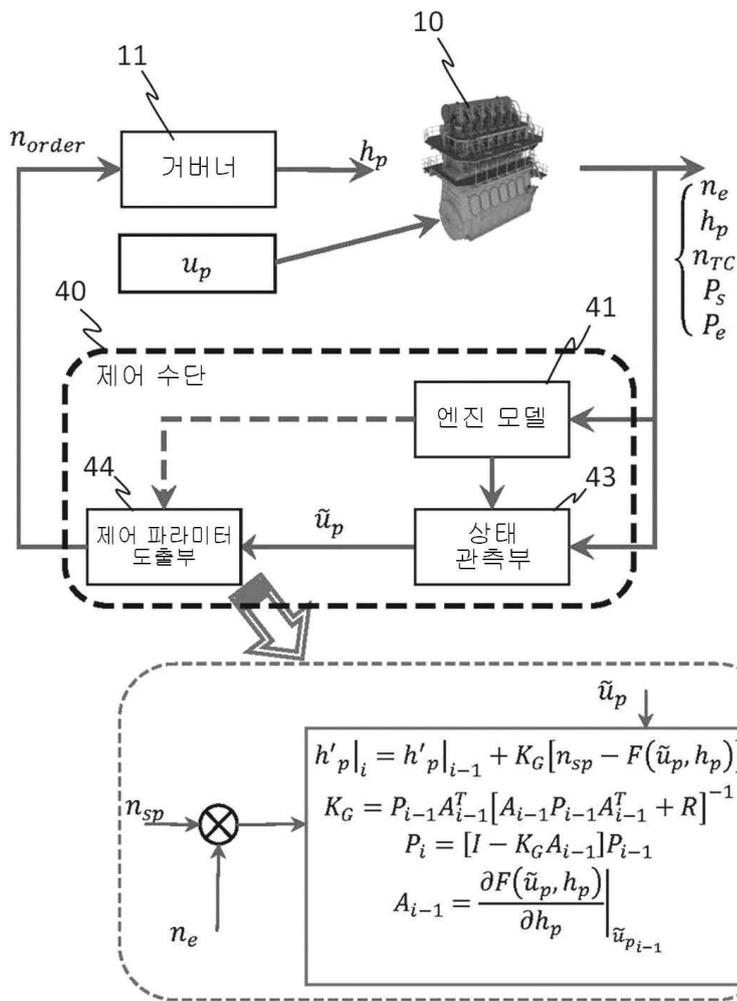


도면2





도면4



도면5

