(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0147056
(43) 공개일자 2024년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B63H 21/21 (2006.01) *G06F 17/14* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B63H 21/21 (2013.01)
G06F 17/142 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0042488
(22) 출원일자 2023년03월31일
심사청구일자 2023년03월31일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
백광준
인천광역시 연수구 랜드마크로 110, 105동 2102호(송도동, 오션파크베르디움)
현여진
경기도 시흥시 은계중앙로 115, 403동 1801호(은행동, 시흥은계우미린더퍼스트)
(74) 대리인
이은철, 이수찬

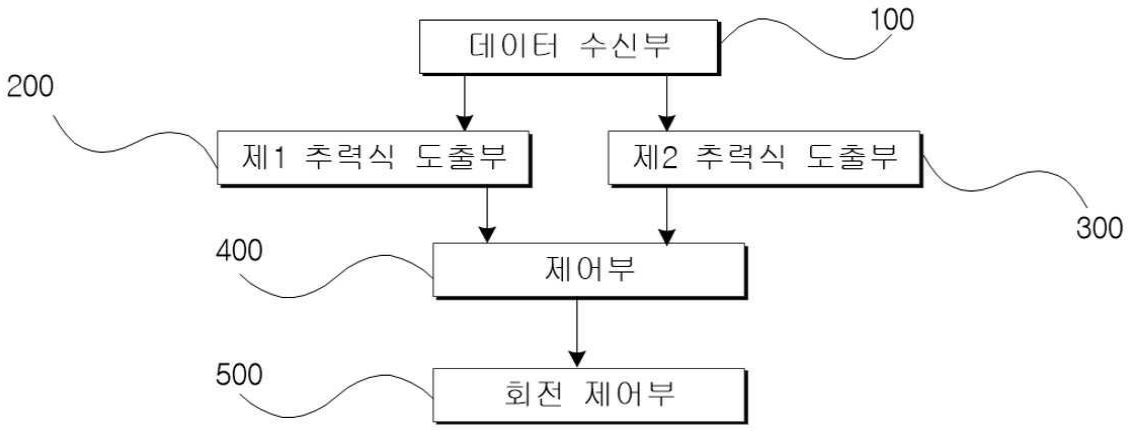
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 시스템 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 시스템 및 방법에 관한 것으로, 컴퓨터에서 판독 가능한 명령을 저장하는 메모리 및 메모리에 저장된 명령을 실행하도록 구현되는 적어도 하나의 프로세서를 포함하되, 관측된 프로펠러의 추력 데이터를 입력으로 추력 변동에 대한 추력 함수로 제1 추력식을 도출하고, 관측된 프로펠러의 단독 성능 데이터(POW: (Propeller Open Water test)로부터 생성된 POW 곡선에 의거 도출된 전진비에 대한 추력 함수로 유입유속에 대한 제2 추력식을 도출하며, 도출된 제1 추력식 및 전진비에 대한 제2 추력식의 등식의 해로 도출된 유입유속에 대한 해와 프로펠러의 전진비에 대한 관계식에 의거 유입유속 변동에 대한 회전수 변동을 도출하는 구성으로 유입유속의 변화에 따른 추력 변화를 회전속도 제어를 통해 저감하여 프로펠러 진동을 저감하고 회전 제어의 성능 효율을 향상시킬 수 있다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1525013092
과제번호	202202103
부처명	해양수산부
과제관리(전문)기관명	해양수산과학기술진흥원
연구사업명	AI기반스마트어업관리시스템개발
연구과제명	AI기반 어선안전 설계 데이터플랫폼 개발 및 실증
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교산학협력단
연구기간	2022.04.01 ~ 2026.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

컴퓨터로 구현되는 회전 속도 제어 시스템에 있어서,

컴퓨터에서 판독가능한 명령을 저장하는 메모리; 및

상기 메모리에 저장된 명령을 실행하도록 구현되는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

관측된 프로펠러의 추력 데이터에 따른 추력 변동에 대한 추력 함수로 제1 추력식을 도출하는 제1 추력식 도출부;

관측된 프로펠러의 단독 성능 데이터(POW: (Propeller Open Water test)로부터 생성된 POW 곡선에 의거 도출된 전진비에 대한 추력 함수로 유입유속에 대한 제2 추력식을 도출하는 제2 추력식 도출부; 및

도출된 제1 추력식 및 전진비에 대한 제2 추력식의 등식의 해로 도출된 유입유속에 대한 해와 프로펠러의 전진비에 대한 관계식에 의거 유입유속 변동에 대한 회전수 변동을 도출하는 제어부를 포함하는 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 도출된 회전수 변동으로 프로펠러의 전진비가 일정하게 유지되는 회전수 제어 지령을 도출하여 프로펠러로 제공하는 회전 제어부를 포함하는 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제1 추력식 도출부는

정수 중 관측된 추력 데이터에 대해 고속 푸리에 변환을 통해 추력 데이터의 유효 주파수 성분을 도출한 다음 도출된 유효 주파수 성분에 대한 고속 푸리에 역변환을 통해 회전 각도에 대한 추력 함수로 제1 추력식을 도출하는 것을 특징으로 하는 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제1 추력식 도출부는,

파랑 중 관측된 추력 데이터에 대해 푸리에 변환을 통해 추력 데이터의 유효 주파수 성분을 도출한 다음 도출된 유효 주파수 성분에 대한 고속 푸리에 역변환을 수행하여 시간에 대한 추력 함수로 제1 추력식을 도출하는 것을 특징으로 하는 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제2 추력식 도출부는,

관측된 프로펠러의 POW 곡선으로 전진비와 추력 계수에 대한 추력 함수를 도출하고,

도출된 추력 함수를 정리하여 유입유속에 대한 추력 함수를 도출하며,

도출된 유입유속에 대한 추력 함수로 제2 추력식을 도출하는 것을 특징으로 하는 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 제어부는,

도출된 제1 추력식과 제2 추력식의 등식의 해를 도출하고,

도출된 해에 대해 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT) 및 역고속 푸리에 변환을 통해 유입유속을 도출하며,

기 정해진 전진비에 따른 유입유속과 회전수와의 관계에 의거 유입유속 변동에 따른 회전수 변동을 도출하는 것을 특징으로 하는 것을 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 시스템.

청구항 7

제1항의 회전 속도 제어 시스템에 의거 수행되는 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 방법에 있어서,

회전 속도 제어 시스템을 포함하는 적어도 하나의 프로세서는,

관측된 프로펠러의 추력 데이터에 따른 추력 변동에 대한 추력 함수로 제1 추력식을 도출하는 제1 추력식 도출단계;

관측된 프로펠러의 단독 성능 데이터(POW: (Propeller Open Water test)로부터 생성된 POW 곡선에 의거 도출된 전진비에 대한 추력 함수로 유입유속에 대한 제2 추력식을 도출하는 제2 추력식 도출단계; 및

도출된 제1 추력식 및 제2 추력식의 등식의 해로 도출된 유입유속와 프로펠러의 전진비에 대한 관계식에 의거 유입유속 변동에 대한 회전수 변동을 도출하는 제어단계를 포함하는 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 도출된 회전수 변동으로 프로펠러의 전진비가 일정하게 유지되는 회전수 제어 지령을 도출하여 프로펠러로 제공하는 회전 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 방법.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 제1 추력식 도출단계는

정수 중 관측된 추력 데이터에 대해 고속 푸리에 변환을 통해 추력 데이터의 유효 주파수 성분을 도출한 다음 도출된 유효 주파수 성분에 대한 고속 푸리에 역변환을 통해 회전 각도에 대한 추력 함수로 제1 추력식을 도출하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 방법.

청구항 10

제7항에 있어서, 제1 추력식 도출단계는,

파랑 중 관측된 추력 데이터에 대해 푸리에 변환을 통해 추력 데이터의 유효 주파수 성분을 도출한 다음 도출된 유효 주파수 성분에 대한 고속 푸리에 역변환을 수행하여 시간에 대한 추력 함수로 제1 추력식을 도출하는 것을 특징으로 하는 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 방법.

청구항 11

제7항에 있어서, 상기 제2 추력식 도출단계는,

관측된 프로펠러의 POW 곡선으로 도출된 전진비와 추력 계수에 대한 추력 함수를 도출하고,

도출된 추력 함수를 정리하여 유입유속에 대한 추력 함수를 도출하며,

도출된 유입유속에 대한 추력 함수로 제2 추력식을 도출하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 제어단계는,

도출된 제1 추력식과 제2 추력식의 등식의 해를 도출하고,

도출된 해에 대해 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT) 및 역고속 푸리에 변환을 통해 유입유속을 도출하며,

기 정해진 전진비에 따른 시간에 대한 유입유속과 회전수와의 관계에 의거 유입유속 변동에 따른 회전수 변동을 도출하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 시스템 및 방법에 관한 것으로, 프로펠러 날개에 유입되는 유속의 변화에 따라 회전속도를 제어할 수 있도록 한 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 종래의 내연기관을 사용하는 선박의 경우 엔진의 회전 수 변경 시 응답 시간이 수 초 이상이며, 대형 엔진의 경우 회전속도의 변경이 어려워 프로펠러 회전수를 고정하여 운항하기 때문에 회전 수 제어 기법의 적용이 어려워 그동안 제시될 수 없었다. 그러나 최근 해외에서부터 상용화 되고 있는 전기추진선박의 전기시스템은 수 마이크로 초 단위로 제어가 가능하기 때문에 회전 수 제어기법의 적용이 가능하다.

[0004] 균일한 유속에서 회전하는 프로펠러는 추력 변동이 없다. 그러나 실제 프로펠러로 유입되는 유속은 선체의 전진속도와 다르며, 선체를 타고 흐르던 유체는 프로펠러가 회전하는 위치에서 불균일한 유속 분포를 생성한다. 이로 인해 반류 영역에서 회전하는 프로펠러의 날개가 급격한 유입유속의 변화를 겪는다. 따라서 프로펠러 받음각에 주기적인 변화가 변화가 생겨 프로펠러가 한 회전하는 동안 추력변동이 발생하는 문제가 있으며, 또한 실 운항하는 선박은 파도에 의해 반류 영역에서 유입유속의 변화가 더 크게 발생하는 문제가 있다.

[0005] 선박 프로펠러의 추력은 어드밴스 앵글(Advance Angle)의 함수로 나타낼 수 있고, 프로펠러 면으로 들어오는 유입유속은 제어할 수 없는 변동하는 값으로 프로펠러의 회전수를 제어하여 추력이 일정할 수 있도록 제어하여야 한다. 즉, 프로펠러에 의해 일정한 전진비를 갖도록 프로펠러의 회전수와 유입유속이 비례관계를 갖도록 회전수를 제어하여 동일한 전진비를 갖도록 하는 기술이 필요하다 유입유속의 변동은 전진비를 변화시켜 프로펠러 효율 변화를 야기한다. 또한 종래에는 파랑 중 프로펠러 유입유속의 변화로 인해 원동기의 샤프트 하중 변동이 생성되며, 진동이 발생하고, 추력 변동으로 인한 진동은 프로펠러 진동성분의 가장 큰 비율을 차지하므로, 이를 저감하기 위해 프로펠러 회전수를 제어하는 방법을 제안한다

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1185419호(2012.10.02)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은, 동일한 전진비를 가질 수 있도록 유입유속과 비례한 회전수 지령을 도출할 수 있는 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 시스템 및 방법을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 측면에 따른 컴퓨터로 구현되는 회전 속도 제어 시스템은

[0010] 컴퓨터에서 판독가능한 명령을 저장하는 메모리; 및 상기 메모리에 저장된 명령을 실행하도록 구현되는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

[0011] 관측된 프로펠러의 추력 데이터로 도출된 추력 변동에 대한 추력 함수로 제1 추력식을 도출하는 제1 추력식 도출부;

[0012] 관측된 프로펠러의 단독 성능 데이터(POW: (Propeller Open Water test)로부터 생성된 POW 곡선에 의거하여 도출된 전진비에 대한 추력 함수로 유입유속에 대한 제2 추력식을 도출하는 제2 추력식 도출부; 및

[0013] 도출된 시간에 대한 제1 추력식 및 전진비에 대한 제2 추력식의 등식의 해로 도출된 유입유속에 대한 해와 프로펠러의 전진비에 대한 관계식에 의거 유입유속 변동에 대한 회전수 변동을 도출하는 제어부를 포함하는 것을 일 특징으로 한다.

[0014] 바람직하게 상기 적어도 하나의 프로세서는,

[0015] 상기 도출된 회전수 변동으로 프로펠러의 전진비가 일정하게 유지되는 회전수 제어 지령을 도출하여 프로펠러로 제공하는 회전 제어부를 포함할 수 있다.

[0016] 바람직하게 상기 제1 추력식 도출부는

[0017] 정수 중 관측된 추력 데이터에 대해 고속 푸리에 변환을 통해 추력 데이터의 유효 주파수 성분을 도출한 다음 도출된 유효 주파수 성분에 대한 고속 푸리에 역변환을 통해 회전 각도에 대한 추력 함수로 제1 추력식을 도출하도록 구비될 수 있다.

[0018] 바람직하게 상기 제1 추력식 도출부는,

[0019] 파랑 중 관측된 추력 데이터에 대해 푸리에 변환을 통해 추력 데이터의 유효 주파수 성분을 도출한 다음 도출된 유효 주파수 성분에 대한 푸리에 역변환을 수행하여 시간에 대한 추력 함수로 제1 추력식을 도출하도록 구비될 수 있다.

[0020] 바람직하게 상기 제2 추력식 도출부는,

[0021] 관측된 프로펠러의 POW 곡선으로 전진비와 추력 계수에 대한 추력 함수를 도출하고,

[0022] 도출된 추력 함수를 정리하여 유입유속에 대한 추력 함수를 도출하며,

[0023] 도출된 유입유속에 대한 추력 함수로 제2 추력식을 도출하도록 구비될 수 있다.

[0024] 바람직하게 상기 제어부는,

[0025] 도출된 제1 추력식과 제2 추력식의 등식의 해를 도출하고,

[0026] 도출된 해에 대해 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT) 및 역고속 푸리에 변환을 통해 유입유속을 도출하며,

[0027] 기 정해진 전진비에 따른 유입유속과 회전수와의 관계에 의거 유입유속 변동에 따른 회전수 변동을 도출하도록 구비될 수 있다.

[0028] 본 발명의 다른 측면에 따른 회전 속도 제어 시스템에서 수행되는 회전 속도 제어 방법은 회전 속도 제어 시스

템을 포함하는 적어도 하나의 프로세서가,

[0029] 관측된 프로펠러의 추력 데이터를 입력으로 도출된 추력 변동에 대한 제1 추력식을 도출하는 제1 추력식 도출단계;

[0030] 관측된 프로펠러의 단독 성능 데이터(POW: (Propeller Open Water test)로부터 생성된 POW 곡선에 의거 도출된 전진비에 대한 추력 함수로 유입유속에 대한 제2 추력식을 도출하는 제2 추력식 도출단계;및

[0031] 도출된 시간에 대한 제1 추력식 및 유입유속에 대한 제2 추력식의 등식의 해로 도출된 유입유속과 프로펠러의 전진비에 대한 관계식에 의거 유입유속 변동에 대한 회전수 변동을 도출하는 제어단계를 포함하는 것을 일 특징으로 한다.

[0032] 바람직하게 상기 적어도 하나의 프로세서는,

[0033] 상기 도출된 회전수 변동으로 프로펠러의 전진비가 일정하게 유지되는 회전수 제어 지령을 도출하여 프로펠러로 제공하는 회전 제어부를 포함할 수 있다.

[0034] 바람직하게 상기 제1 추력식 도출단계는

[0035] 정수 중 관측된 추력 데이터에 대해 고속 푸리에 변환을 통해 추력 데이터의 유효 주파수 성분을 도출한 다음 도출된 유효 주파수 성분에 대한 고속 푸리에 역변환을 통해 회전 각도에 대한 함수로 제1 추력식을 도출하도록 구비될 수 있다.

[0036] 바람직하게 상기 제1 추력식 도출단계는,

[0037] 파랑 중 관측된 추력 데이터에 대해 푸리에 변환을 통해 추력 데이터의 유효 주파수 성분을 도출한 다음 도출된 유효 주파수 성분에 대한 푸리에 역변환을 수행하여 시간에 대한 추력 함수로 제1 추력식을 도출하도록 구비될 수 있다.

[0038] 바람직하게 상기 제2 추력식 도출단계는,

[0039] 관측된 프로펠러의 POW 곡선으로 전진비와 추력 계수에 대한 추력 함수를 도출하고,

[0040] 도출된 추력 함수를 정리하여 유입유속에 대한 추력 함수를 도출하며,

[0041] 도출된 유입유속에 대한 추력 함수로 유입유속에 대한 제2 추력식을 도출하도록 구비될 수 있다.

[0042] 바람직하게 상기 제어단계는,

[0043] 도출된 제1 추력식과 제2 추력식의 등식의 해를 도출하고,

[0044] 도출된 해에 대해 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT) 및 역고속 푸리에 변환을 통해 유입유속을 도출하며,

[0045] 기 정해진 전진비에 따른 시간에 대한 유입유속과 회전수와의 관계에 의거 유입유속 변동에 따른 회전수 변동을 도출하도록 구비될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0047] 도 1은 일 실시예에 따른 회전 속도 제어 시스템의 구성도이다.

도 2은 일 실시예에 따른 프로펠러 성능 곡선과 전진비에 따른 추력계수의 추세선을 나타낸 그래프이다.

도 3은 일 실시예에 따른 회전 속도 제어 방법을 나타낸 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0048] 이하에서는 본 발명에 따른 선박 프로펠러 추력변동 저감을 위한 회전 속도 제어 시스템 및 방법을 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 이러한 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다. 또한, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로, 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0049] 본 발명의 목적 및 효과는 하기의 설명에 의해서 자연스럽게 이해되거나 보다 분명해질 수 있으며, 하기의 기재만으로 본 발명의 목적 및 효과가 제한되는 것은 아니다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.

[0050] 도 1은 일 실시예에 따른 회전 속도 제어 시스템의 구성도이다.

[0051] 도 1에서 나타낸 바와 같이, 회전 속도 제어 시스템은 컴퓨터에서 판독가능한 명령을 저장하는 메모리 및 상기 메모리에 저장된 명령을 실행하도록 구현되는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는, 데이터 수신부(100), 제1 추력식 도출부(200), 제2 추력식 도출부(300), 제어부(400) 및 회전 제어부(500)를 포함한다.

[0052] 데이터 수신부(100)는 측정된 단독 성능 데이터(Propeller Open Water test, POW) 및 프로펠러의 추력 데이터를 수신한다.

[0053] 여기서, 추력 데이터는 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics) 데이터뿐 만 아니라, 운항하고 있는 선박에서 관측기를 통해 직접 측정된 측정 데이터, 실험 데이터 및 다른 방법으로 관측할 수 있다. 제1 추력식 도출부(200)는 관측된 프로펠러의 추력 데이터에 대한 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)한 다음 역고속 푸리에 변환하여 프로펠러 추력식 분석을 수행한다.

[0054] 일 례로, 정수 중에는 날개수의 배수 성분의 주파수가 추력의 진동 성분에 가장 큰 영향을 미치므로, 프로펠러 회전 주파수의 날개 수의 배수 성분으로 구성된 프로펠러 회전 각도에 따른 추력의 관계식으로 정수 중 선체의 형상에 의해 생성된 반류에 의한 추력 변동이 저감될 수 있다.

[0055] 다른 례로. 파랑 중에는 파도에 의한 선체 움직임, 그 중에서도 특히 상하 동요 운동이 추력의 진동 성분에 가장 큰 영향을 미치며 이는 프로펠러의 회전 주파수와 무관하므로 공간 고주파 분석이 아닌 시간에 따른 고속 푸리에 변환을 통해 파도에 의한 추력 변동이 저감될 수 있다.

[0056] 따라서, 정수 중 날개 주파수에 의한 추력 변동은 회전수의 정수 배 이므로, 푸리에 역변환을 진행할 때 회전 주파수의 날개수의 정수배를 제외한 주파수 성분이 제거되고 이에 제1 추력식 도출부(200)는 회전 각도에 따른 추력 데이터를 제1 추력식으로 수식화 할 수 있다

[0057] 한편, 파랑 중 파도에 의한 추력 변동은 파랑 중 운동특성과 연관이 있기 때문에 유효 주파수를 추출한 다음 푸리에 역변환을 진행되고, 이에 제1 추력식 도출부(200)는 시간에 따른 추력 데이터를 제1 추력식으로 표현할 수 있다. 이때 추력 데이터의 개수는 임의로 설정될 수 있다.

[0058] 한편, 제2 추력식 도출부(300)는 관측된 프로펠러의 단독 성능 데이터(POW: (Propeller Open Water test)로부터 도출된 POW 곡선으로 정해진 추세선으로 제2 추력식을 도출한다.

[0059] 도 2는 일 실시예에 따른 프로펠러(10) POW 곡선과 전진비에 따른 추력계수의 추세선을 나타낸 그래프이다.

[0060] 도 2를 참조하면, 제2 추력선 도출부(300)는 프로펠러의 단독성능(POW) 곡선으로 전진비에 대한 추력 추세선을 도출하고, 도출된 추력 추세선으로 전진비에 대한 2차 함수를 도출한다.

[0061] 즉, 제2 추력식 도출부(200)는 관측된 프로펠러의 단독 성능 데이터로부터 POW 곡선이 도출되고, 도출된 POW 곡선에 의거 전진비에 대한 함수를 도출한다. 이때 제2 추력식은 전진비에 대한 2차 함수로 정의된다.

[0062] 그리고 제2 추력식 도출부(200)는 전진비에 대한 2차 함수의 제2 추력식과 기 정해진 전진비의 관계식으로 정리하여 전진비에 대한 2차 함수의 제2 추력식을 유입유속에 대한 2차 함수의 제2 추력식으로 변환한다. 본 명세서 상에서 설명 상의 편의를 위해 제2 추력식이 2차 함수로 한정하여 설명하고 있으나 이에 한정하지 아니한다.

[0063] 이때 전진비는 유입유속과 지름 및 회전수의 곱의 비로 정의되고, 이에 제2 추력식 도출부(200)는 전진비에 대한 함수에 기 정의된 전진비를 대입하여 유입유속에 대한 추력 함수로 2차 추력식이 도출된다.

[0064] 본 명세서 상에서 생성된 POW 곡선에 의거 추력 추세선을 도출하는 일련의 과정에 보다 구체적으로 명시하지 아니하였으나, 이는 당업자 수준에서 이해되어야 할 것이다.

[0065] 그리고, 제어부(300)는 추력 변동에 따라 생성된 제1 추력식과 제2 추력식을 기반으로 도출된 유속유입에 대한 2차원 함수의 해로 유속유입을 도출한다.

[0066] 즉, 제어부(300)는 추력 변동을 저감하는 방안과 동일하게 회전수와 유입유속이 비례하도록 하는 유입유속을 도출한다.

[0067] 이때 전진비는 프로펠러의 회전수 및 지름과 유입유속의 비로 정의되며, 이에 일정한 전진비에 대해, 시간에 따른 유입유속 변동에 대한 회전수 변동이 도출될 수 있다.

[0068] 따라서 제어부(300)는 전전비가 일정하기 유지되기 위해, 전진비에 대한 관계식에 의거 도출된 유입유속 변동량에 대한 회전수 변동량을 도출할 수 있다.

[0069] 즉 제어부(300)는 시계열 유입유속을 계산하기 위해서, 유입유속(20)에 따른 제2 추력식으로 시계열 유입유속을 연산하고, 연산된 시계열 유입유속을 복잡한 해를 가지므로 고속 푸리에 변환 및 고속 푸리에 역변환을 통해 단순화한다.

[0070] 이에 유입유속에 대한 푸리에 역변환시 유입유속의 변동성분과 비례관계인 회전수 변동 성분은 평균 회전수으로 대입되어 회전수는 간단하게 도출될 수 있다

[0071] 그리고 제어부(400)는 네 개의 날개에서 발생하는 추력의 합으로 나타나는 전체 추력의 지연성분을 고려하기 위해 제어 변수를 조절하여 최종 추력변동 저감을 위한 회전수로 도출한다.

[0072] 여기서, 프로펠러 회전속도의 변동성분이 유입유속의 변동성분과 비례하다는 가정을 통해서 프로펠러 회전수는 연산된다.

[0073] 여기서, 상기 도출된 회전 정보는 회전 제어부(500)로 전달되며, 회전 제어부(500)는 도출된 회전수를 회전수 제어 지령으로 사용하여 프로펠러(10)의 회전수를 변경한다.

[0074] 도 3은 일 실시예에 따른 회전 속도 제어 방법을 나타낸 순서도이다.

[0075] 도 3에서 나타낸 바와 같이, 회전 속도 제어 방법은 데이터 수신 단계(S100); 제1 추력식 도출단계(S200), 제2 추력식 도출단계(S300), 제어단계(S400) 및 회전 제어단계(S500)를 포함한다.

[0076] 데이터 수신 단계(S100)는 회전 속도 제어 시스템이 포함하는 적어도 하나의 프로세서가, 측정된 단독 성능 데이터(Propeller Open Water test, POW) 및 추력 데이터를 수신한다.

[0077] 제1 추력식 도출단계(S200)는 상기 추력 데이터로부터 추력 변동에 대한 추력 함수로 프로펠러(10)의 추력을 도출하기 위한 제1 추력식을 도출한다.

[0078] 즉, 제1 추력식 도출단계(S200)는 상기 도출된 추력의 시계열 데이터를 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)하고 고속 푸리에 역변환(Inverse Fast Fourier Transform, IFFT)을 수행하여 추력 데이터의 유효 주파수를 추출할 수 있다.

[0079] 일 례로 정수 중 제1 추력식 도출단계(S200)는 선체에 의해 발생한 반류 분포에 의해 프로펠러 날개가 조우하는 유입유속의 변동에 의해 발생하는 추력 변동을 저감하기 위해 회전 각도에 대한 공간 고조파 분석을 통해 고속 푸리에 변환 및 역 푸리에 변환을 수행하여 유효 주파수를 추출한 다음 회전 각도에 대한 추력 함수로 제1 추력 방정식을 도출할 수 있다. 선체 형상에 의한 추력 변동을 저감하기 위해서 고속 푸리에 변환을 통해 제1 추력식을 도출할 수 있다.

[0080] 다른 례로 파랑 중 제1 추력식 도출단계(S200)는 파도에 의한 추력 변동이 운동특성과 연관이 있기 때문에 푸리에 변환을 통해 유효 주파수를 추출한 다음 푸리에 역변환을 진행하여 시간에 따른 추력 함수로 제1 추력식을 도출할 수 있다.

[0081] 그리고 제2 추력식 도출단계(S300)는 상기 단독 성능 데이터로부터 전진비에 대한 추력 함수로 프로펠러에 유입되는 유체의 유입유속을 도출하기 위한 제2 추력식을 도출한다. 도출된 제1 추력식 및 제2 추력식은 제어단계(S400)로 전달된다.

[0082] 제어단계(S400)는 도출된 유입유속(20)에 따른 추력인 제2 추력식과 제1 추력식을 이용하여 시간에 따른 유입유속을 도출하고. 상기 도출된 시간에 따른 유입유속(20) 및 시간에 따른 회전수를 비례방정식으로 연산하여 회전수 정보를 도출한다.

[0083] 이에 제어단계(S400)는 네 개의 날개에서 발생하는 추력의 합으로 나타나는 전체 추력의 변동 성분의 크기와 지연성분을 고려하기 위해 제어 변수를 조절하여 최종 정수의 회전수를 중 추력변동 저감을 위한 회전수로 도출한

다.

[0084] 그리고 회전수 정보를 수신한 회전 제어단계(S500)는 연산한 유입유속(20)의 변동성분과 비례하는 회전수 변동성분을 가진 회전수 제어 지령을 도출하고 도출된 회전수 지령으로 사용하여 프로펠러(10)의 회전수는 변경된다.

[0085] 이상에서 대표적인 실시예를 통하여 본 발명을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리 범위는 설명한 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 청구범위뿐만 아니라 특허청구범위와 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태에 의하여 정해져야 한다. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0087] 100: 데이터 수신부

200: 제1 추력식 도출부

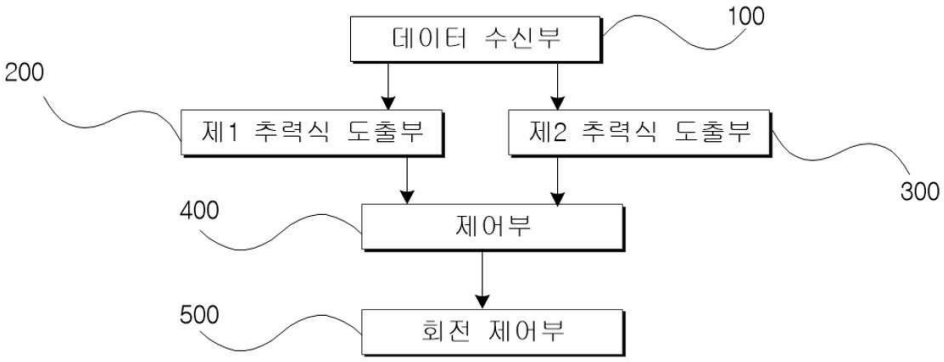
300 : 제2 추력식 도출부

400 : 제어부

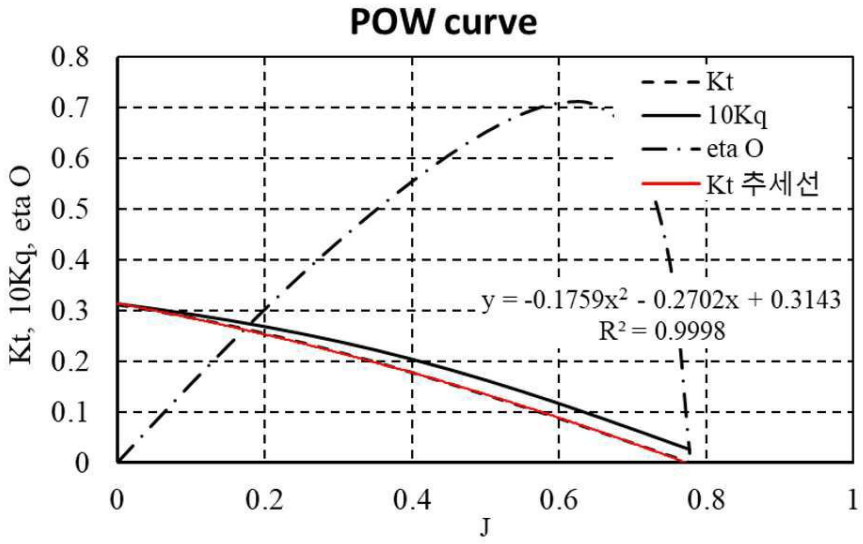
500 : 회전 제어부

도면

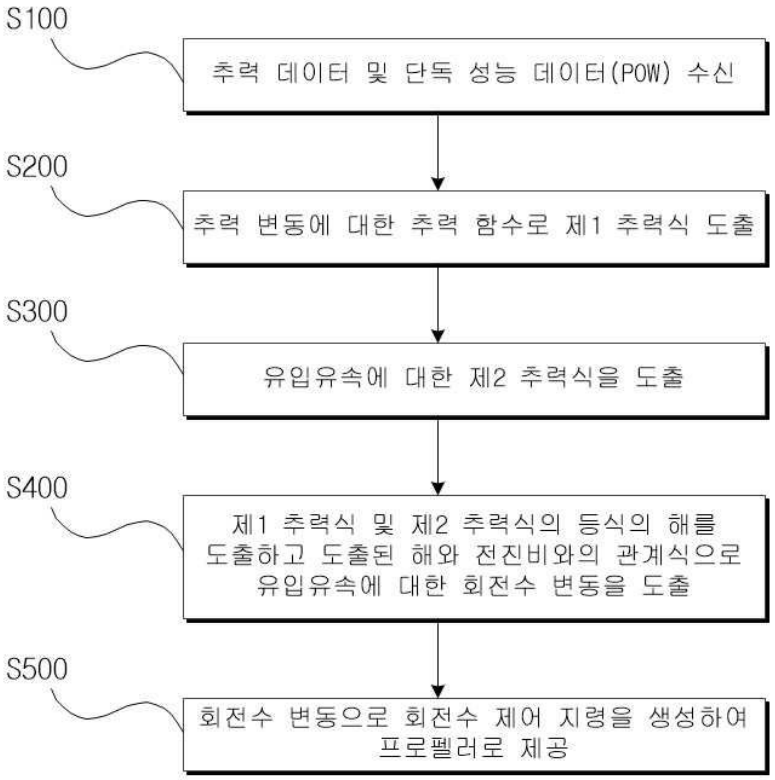
도면1



도면2


POW curve
Kt
10Kq
eta O
Kt 추세선
y = -0.1759x² - 0.2702x + 0.3143
R² = 0.9998
Kt, 10Kq, eta O
J
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
1

도면3


S100
추력 데이터 및 단독 성능 데이터(POW) 수신
S200
추력 변동에 대한 추력 함수로 제1 추력식 도출
S300
유입유속에 대한 제2 추력식을 도출
S400
제1 추력식 및 제2 추력식의 등식의 해를 도출하고 도출된 해와 전진비와의 관계식으로 유입유속에 대한 회전수 변동을 도출
S500
회전수 변동으로 회전수 제어 지령을 생성하여 프로펠러로 제공