



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0084006  
(43) 공개일자 2021년07월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01M 10/00 (2006.01) B63B 79/00 (2020.01)  
G01M 99/00 (2011.01)  
(52) CPC특허분류  
G01M 10/00 (2019.01)  
B63B 79/00 (2020.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0176872  
(22) 출원일자 2019년12월27일  
심사청구일자 2019년12월27일

(71) 출원인  
창원대학교 산학협력단  
경상남도 창원시 의창구 창원대학교 20(퇴촌동)  
엘아이지넥스원 주식회사  
경기도 용인시 기흥구 마북로 207 (마북동)  
(72) 발명자  
윤현규  
서울특별시 서초구 효령로68길 33, 102동 1305호  
(서초동, 서초동 아이파크)  
유재관  
경기도 용인시 기흥구 연원로 49, 103동 1702호(보정동, 연원마을성원상떼빌아파트)  
진택성  
경기도 용인시 수지구 수풍로 16, 102동 804호(풍덕천동, 토월마을보원아파트)  
(74) 대리인  
특허법인우인

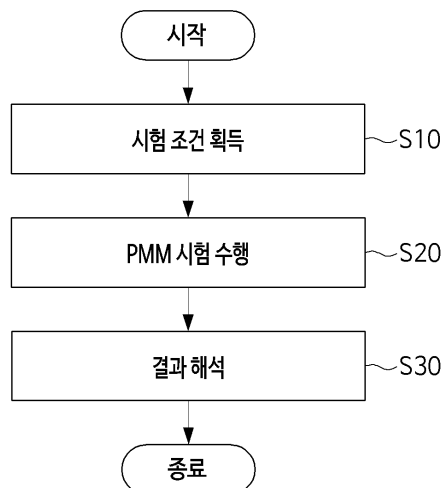
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 선박의 성능시험을 위한 자동 회류수조 평면운동장치 시험 방법 및 장치

(57) 요약

자동 회류수조 PMM시험 장치에 의해 수행되는 선박의 성능시험을 위한 자동 회류수조 평면운동장치시험 방법이 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 회류수조 PMM시험 장치에 의해 수행되는 선박의 성능시험을 위한 평면운동장치시험 방법은 초기 시험조건 입력 인터페이스를 제공하여 초기 시험조건을 획득하는 초기 시험조건 획득단계, 상기 초기 시험조건 하에서 정적 편류각 시험, 정적 타각 시험, 순수 좌우동요 시험 및 순수 선수동요시험을 포함하는 평면운동장치 시험(Planar Motion Mechanism Test)을 수행하는 PMM 시험 수행단계 및 상기 PMM 시험 결과를 기반으로 시험 대상 모선의 성능시험 결과를 해석하는 결과 해석 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**G01M 99/005** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|             |                                    |
|-------------|------------------------------------|
| 과제고유번호      | 2019-0138                          |
| 부처명         | 엘아이지넥스원 주식회사                       |
| 과제관리(전문)기관명 | -                                  |
| 연구사업명       | 엘아이지넥스원 산학연구                       |
| 연구과제명       | 무인수상정 6자유도 동력학 모델링 및 시뮬레이션 프로그램 개발 |
| 기 여 율       | 1/1                                |
| 과제수행기관명     | 엘아이지넥스원 주식회사                       |
| 연구기간        | 2019.01.01 ~ 2019.12.31            |

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

자동 회류수조 PMM시험 장치에 의해 수행되는 선박의 성능시험을 위한 평면운동장치시험 방법에 있어서,  
초기 시험조건 입력 인터페이스를 제공하여 초기 시험조건을 획득하는 초기 시험조건 획득단계;  
상기 초기 시험조건 하에서 정적 편류각 시험, 정적 타각 시험, 순수 좌우동요 시험 및 순수 선수동요시험을 포함하는 평면운동장치 시험(Planar Motion Mechanism Test)을 수행하는 PMM 시험 수행단계; 및  
상기 PMM 시험 결과를 기반으로 시험 대상 모선의 성능시험 결과를 해석하는 결과 해석 단계;를 포함하는,  
선박의 성능시험을 위한 자동 회류수조 평면운동장치시험 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
상기 PMM 시험 수행단계는,  
상기 초기 시험조건 하에서 상기 정적 편류각 시험, 상기 정적 타각 시험, 상기 순수 좌우동요 시험 및 상기 순수 선수동요시험 중 적어도 2개 이상의 시험을 조합하여 함께 시험하는 조합시험을 수행하는 상기 조합시험 단계;를 더 포함하는,  
선박의 성능시험을 위한 평면운동장치시험 방법.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,  
상기 초기 시험조건은 상기 시험 대상 모선이 배치되는 회류수조의 초기 유속, 상기 시험 대상 모선에 가해지는 편류각, 좌우동요 진폭, 좌우동요 주기, 선수동요 진폭, 선수동요 주기, 타각, 조합시험 정보를 포함하고,  
상기 조합시험 정보는 상기 조합시험 단계에서 수행되는 조합시험에서 함께 수행되는 시험을 지시하는 것인,  
선박의 성능시험을 위한 평면운동장치시험 방법.

#### 청구항 4

제2항에 있어서,  
상기 PMM 시험 수행단계는,  
상기 초기 시험조건 하에서 상기 정적 편류각 시험, 상기 정적 타각 시험, 상기 순수 좌우동요 시험, 상기 순수 선수동요시험 및 상기 조합시험이 수행되고, 상기 회류수조의 유속을 변경하며 상기 정적 편류각 시험, 상기 정적 타각 시험, 상기 순수 좌우동요 시험, 상기 순수 선수동요시험, 상기 순수 좌우동요 시험, 상기 조합시험을 기 설정된 회수만큼 반복 수행하는 반복 시험수행 단계;를 더 포함하는,  
선박의 성능시험을 위한 평면운동장치시험 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 PMM 시험 수행결과는 상기 PMM 시험을 통해 얻어진 동유체력미계수이고,

상기 결과 해석 단계는 상기 PMM 시험을 통해 얻어진 상기 동유체력미계수를 기반으로 상기 시험 대상 모선의 안정성과 조종성을 판정하는 단계;를 포함하는 선박의 성능시험을 위한 평면운동장치시험 방법.

## 청구항 6

물을 순환시켜서 시험영역에서 일정한 유속을 발생시키는 회류수조;

상기 회류수조 내의 모형선에 외력을 가하여 상기 모형선의 조종 운동시 작용하는 유체력을 조사하는 PMM 시험 장치; 및

상기 회류수조 및 상기 PMM 시험장치를 제어하는 제어부;를 포함하되,

상기 제어부는,

프로세서; 및

상기 프로세서와 기능적으로 연결되어 상기 프로세서로부터 데이터를 전달받아 저장하거나 상기 프로세서로 데이터를 제공하는 메모리;를 포함하고,

상기 프로세서는,

초기 시험조건 입력 인터페이스를 제공하여 초기 시험조건을 획득하고,

상기 초기 시험조건 하에서 정적 편류각 시험, 정적 타각 시험, 순수 좌우동요 시험, 순수 선수동요시험 및 조합 시험을 포함하는 평면운동장치 시험(Planar Motion Mechanism Test)을 수행하고,

상기 PMM 시험 결과를 기반으로 시험 대상 모선의 성능시험 결과를 해석하여 분석결과 정보를 생성하도록 설정된, 자동 회류수조 PMM시험 장치.

## 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 PMM 시험 수행결과는 상기 PMM 시험을 통해 얻어진 동유체력미계수이고, 상기 분석결과 정보는 상기 PMM 시험을 통해 얻어진 상기 동유체력미계수를 기반으로 판정한 상기 시험 대상 모선의 안정성 및 조종성인, 자동 회류수조 PMM시험 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 선박의 성능시험을 위한 자동 회류수조 평면운동장치 시험 방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 회류수조(Circulating Water Channel)에서 모선의 평면운동장치 시험(Planar Motion Mechanism Test)을 자동으로 수행하여 선박 성능을 시험할 수 있는 방법 및 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 선박 또는 해양플랜트 플랫폼 부유체의 조종 모형시험을 수행하는 목적은 선박의 조종성능인 가감속, 변침, 선회, 정지, 후진 등의 다양한 조종 운동에 대한 성능 예측을 하기 위함이다. 선박의 유체성능 중의 하나인 조종성능은 직진성능 및 선회성능 등을 통칭하며 선박이 미리 설정해 놓은 궤적을 추종하거나 목표하는 지점까지 도착할 수 있는 능력과 직결된다. 특히나 악천후의 기상상태를 회피하기 위한 기동을 하거나 장애물이 많은 연안에서의 안정적인 항해를 위해서는 선박의 조종 성능이 선박의 생존성과 직결 되는 아주 중요한 문제가 된다.

[0003] 선박 조종 모형시험은 크게 2가지 방법이 있다. 그 중 하나는 구속모형시험(Captive model test)으로서 평면운동장치(Planar Motion Mechanism)와 같은 강제동요장치를 이용하여 프로그램된 특정한 운동을 모선에 강제하고,

이 때 작용하는 주변 유체력을 분력계(Load cell)를 이용하여 계측하는 것이고, 다른 방법은 자유항주모형시험(Free running model test)으로서 실선 시운전의 조종운동 시나리오를 모션에도 동일하게 적용하여 수행하여, 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)에서 요구하는 선회반경, 지그재그시험시의 여러 기준들을 만족하는지 직접적으로 평가하는 것이다.

[0004] IMO는 2002년 선박의 조종성능과 관련된 규약을 제정 (IMO, 2002a; IMO, 2002b) 하여 모든 선박이 일정 수준 이상의 조종 성능을 가지는 것을 의무화하고 있다. 이에 따라 모형수조 관련 국제협회기구인 ITTC(International Towing Tank Conference)에서는 실선의 정확한 조종성능 추정을 위해 모형시험 기법 및 실선 시운전 기법(ITTC, 2002a; ITTC, 2002b; ITTC, 2002c) 등에 대한 내용들을 정리하여 관련된 각 연구들은 이러한 방법들을 따르도록 권장하고 있다.

[0005] 회류수조(Circulating Water Channel)에서 모선의 평면운동장치시험(Planar Motion Mechanism test)을 수행하는 것 또한 실선의 조종 능력을 측정하기 위해 사용되는 주요한 방법 중 하나이다. 대한민국 공개특허공보 제 10-2017-0121975호, 고속선의 조종 운동 유체력 미계수 획득을 위한 선수각 강제 동요 장치 및 시험 기법은 모형 시험을 통해 획득한 유체력 미계수들을 통해 조종 운동 수학 모델을 정립할 수 있고, 이를 이용하여 고속선의 속도 및 항주 자세에 따른 직진안정성 수준을 제공하는 시험 기법을 개시하고 있다.

[0006] 선박의 조종 능력을 정확하게 평가하기 위해서는 다양한 실험 조건하에서 반복하여 실험을 수행하는 것이 필요하다. 그러나, 앞서 소개한 선행문헌에 기재된 시험기법을 비롯한 종래의 선박 성능 시험 장치 또는 시험기법은 실험조건의 변경과 변경된 실험조건하에서의 시험 데이터 획득, 획득한 시험 데이터를 기반으로 한 결과 분석 과정에서 운용자의 지속적인 개입이 필요하여 실험에 소요되는 기간, 비용, 결과의 정확성 담보 측면에서 일정한 문제점을 가지고 있었다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국 공개 특허공보 제10-2017-0121975호 (2017. 11. 3)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 회류수조에서 모선의 평면운동장치시험 전체를 자동으로 수행하고, 결과를 해석하는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 양태에 있어서, 본 발명의 실시예에 따른 자동 회류수조 평면운동장치(Planar Motion Mechanism, 이하 PMM)에 의해 수행되는 선박의 성능시험을 위한 평면운동장치시험 방법은 초기 시험조건 입력 인터페이스를 제공하여 초기 시험조건을 획득하는 초기 시험조건 획득단계, 상기 초기 시험조건 하에서 정적 편류각 시험, 정적 타각 시험, 순수 좌우동요 시험 및 순수 선수동요시험을 포함하는 PMM 시험 수행단계 및 상기 PMM 시험 결과를 기반으로 시험 대상 모선의 성능시험 결과를 해석하는 결과 해석 단계를 포함한다.

[0010] 상기 PMM 시험 수행단계는 상기 초기 시험조건 하에서 상기 정적 편류각 시험, 상기 정적 타각 시험, 상기 순수 좌우동요 시험 및 상기 순수 선수동요시험 중 적어도 2개 이상의 시험을 조합하여 함께 시험하는 조합시험을 수행하는 상기 조합시험 단계를 더 포함할 수 있다.

[0011] 상기 초기 시험조건은 상기 시험 대상 모선이 배치되는 회류수조의 초기 유속, 상기 시험 대상 모션에게 가해지는 편류각, 좌우동요 진폭, 좌우동요 주기, 선수동요 진폭, 선수동요 주기, 타각, 조합시험 정보를 포함할 수 있고, 상기 조합시험 정보는 상기 조합시험 단계에서 수행되는 조합시험에서 함께 수행되는 시험을 지시하는 것일 수 있다.

[0012] 상기 PMM 시험 수행단계는 상기 초기 시험조건 하에서 상기 정적 편류각 시험, 상기 정적 타각 시험, 상기 순수 좌우동요 시험, 상기 순수 선수동요시험 및 상기 조합시험이 수행되고, 상기 회류수조의 유속을 변경하며 상기 정적 편류각 시험, 상기 정적 타각 시험, 상기 순수 좌우동요 시험, 상기 순수 선수동요 시험 및 상기 조합시험

을 기 설정된 회수만큼 반복 수행하는 반복 시험수행 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 PMM 시험 수행결과는 상기 PMM 시험을 통해 얻어진 동유체력미계수이고, 상기 결과 해석 단계는 상기 PMM 시험을 통해 얻어진 상기 동유체력미계수를 기반으로 상기 시험 대상 모선의 안정성 및 조종성을 판정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 다른 양태에 있어서, 본 발명의 실시예에 따른 자동회류수조 PMM 시험 장치는 물을 순환시켜서 시험 영역에서 일정한 유속을 발생시키는 회류수조, 상기 회류수조 내의 모형선에 외력을 가하여 상기 모형선의 조종 운동시 작용하는 유체력을 조사하는 PMM 시험장치 및 상기 회류수조 및 상기 PMM 시험장치를 제어하는 제어부를 포함하고, 상기 제어부는 프로세서 및 상기 프로세서와 기능적으로 연결되어 상기 프로세서로부터 데이터를 전달받아 저장하거나 상기 프로세서로 데이터를 제공하는 메모리를 포함하며, 상기 프로세서는 초기 시험조건 입력 인터페이스를 제공하여 초기 시험조건을 획득하고, 상기 초기 시험조건 하에서 정적 편류각 시험, 정적 타각 시험, 순수 좌우동요 시험, 순수 선수동요시험 및 조합 시험을 포함하는 PMM 시험을 수행하고, 상기 PMM 시험 결과를 기반으로 시험 대상 모선의 성능시험 결과를 해석하여 분석결과 정보를 생성하도록 설정된다.

[0015] 상기 PMM 시험 수행결과는 상기 PMM 시험을 통해 얻어진 동유체력미계수이고, 상기 분석결과 정보는 상기 PMM 시험을 통해 얻어진 상기 동유체력미계수를 기반으로 판정한 상기 시험 대상 모선의 안정성 및 조종성일 수 있다.

### 발명의 효과

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 선박의 성능시험을 위한 자동 회류수조 평면운동장치시험 방법 에 의하면, 시험조건을 변경하여 선박의 성능을 시험하는 과정에서 운용자의 개입을 최소화할 수 있어 운용 편의성이 높으며, 적은 소요시간과 적은 비용으로 다양한 조건하에서의 선박 성능 시험을 수행하여 모선의 성능을 시험하여 보다 정확한 시험 결과를 얻을 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 회류수조 PMM시험 장치에 의해 수행되는 선박의 성능시험을 위한 평면운동시험 방법의 각 단계를 나타낸 흐름도이다.

도 2 내지 도 5는 각각 정적 편류각시험, 순수 좌우동요시험, 순수 선수동요시험, 조합시험의 일례를 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 자동 회류수조 PMM시험 장치에 의해 수행되는 선박의 성능시험을 위한 평면운동장치 시험 방법의 각 절차를 개략적으로 나타낸 것이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 선박의 성능시험을 위한 평면운동장치 시험 방법이 구현될 수 있는 자동 회류수조 PMM시험 장치의 제어부 구성을 간략히 나타낸 블록도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적으로 해석되어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하는 것으로 해석되어서는 안 된다.

[0019] 도면에서 도시된 각 시스템에서, 몇몇 경우에서의 요소는 각각 동일한 참조 번호 또는 상이한 참조 번호를 가쳐서 표현된 요소가 상이하거나 유사할 수가 있음을 시사할 수 있다. 그러나, 요소는 상이한 구현을 가지고 본 명세서에서 보여지거나 기술된 시스템 중 몇몇 또는 전부와 작동할 수 있다. 도면에서 도시된 다양한 요소는 동일하거나 상이할 수 있다. 어느 것이 제1 요소로 지칭되는지 및 어느 것이 제2 요소로 불리는지는 임의적이다.

[0020] 본 명세서에서 어느 하나의 구성요소가 다른 구성요소로 데이터 또는 신호를 '전송' 또는 '제공'한다 함은 어느

한 구성요소가 다른 구성요소로 직접 데이터 또는 신호를 전송하는 것은 물론, 적어도 하나의 또 다른 구성요소를 통하여 데이터 또는 신호를 다른 구성요소로 전송하는 것을 포함한다.

- [0021] 본 명세서에서 '제어부', '제어장치'란 본 발명의 실시예에 따른 선박의 성능시험을 위한 자동 회류수조 평면운동장치시험 방법의 전 단계 또는 어느 일부 단계가 구현될 수 있는 컴퓨팅 디바이스로서 하나 또는 둘 이상의 물리적 또는 논리적 개체일 수 있다. 제어부 또는 제어장치가 복수의 물리적 개체로 나뉘어 구현될 때, 각각의 물리적 개체의 관리 주체는 서로 상이할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 실시예에 따른 선박의 성능시험을 위한 자동 회류수조 평면운동장치시험 방법의 전 단계 또는 어느 일부 단계는 하나의 물리적 또는 논리적 컴퓨팅 디바이스에 의해 구현되거나 둘 이상의 물리적 또는 논리적 컴퓨팅 디바이스에 의해 분산되어 구현될 수 있다.
- [0023] '제어부' 또는 '제어장치'에는 각각의 데이터베이스에 대응되는 정보를 저장하는 소프트웨어 및 하드웨어의 기능적 구조적 결합을 의미하는 DB가 포함될 수 있으며, DB는 적어도 하나의 테이블로 구현될 수도 있으며, 데이터베이스에 저장된 정보를 검색, 저장, 및 관리하기 위한 별도의 DBMS(Database Management System)을 더 포함할 수도 있다. 또한, 링크드 리스트(linked-list), 트리(Tree), 관계형 데이터베이스의 형태 등 다양한 방식으로 구현될 수 있으며, 데이터베이스에 대응되는 정보를 저장할 수 있는 모든 데이터 저장매체 및 데이터 구조를 포함한다.
- [0024] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 이하의 상세한 설명은 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해 제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 회류수조 PMM시험 장치에 의해 수행되는 선박의 성능시험을 위한 평면운동장치시험 방법의 각 단계를 나타낸 흐름도이다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 자동 회류수조 PMM시험 장치에 의해 수행되는 선박의 성능시험을 위한 평면운동장치시험 방법은 초기 시험조건 입력 인터페이스를 제공하여 초기 시험조건을 획득하는 초기 시험조건 획득단계(S10), 상기 초기 시험조건 하에서 정적 편류각 시험, 정적 타각 시험, 순수 좌우동요 시험, 순수 선수동요시험 및 조합 시험을 포함하는 평면운동장치 시험(Planar Motion Mechanism Test)을 수행하는 PMM 시험 수행단계(S20) 및 상기 PMM 시험 결과를 기반으로 시험 대상 모선의 성능시험 결과를 해석하는 결과 해석 단계(S30)를 포함한다.
- [0027] 본 발명의 실시예에 따른 선박의 성능시험을 위한 자동 회류수조 평면운동장치시험 방법은 자동 회류수조 PMM 장치에 의해 수행될 수 있다. 자동 회류수조(Circulating Water Channel)는 운용자가 초기 조건을 설정하여 시험 시작 제어명령을 내리는 것만으로 회류수조에서 모선의 평면운동장치 시험 전체를 자동으로 수행하고, 결과 해석 및 보고서를 작성할 수 있는 장치로서 회류수조, PMM 시험장치, 제어부를 포함하여 구성될 수 있다. 제어부는 본 발명의 실시예에 따른 선박의 성능시험을 위한 평면운동장치시험 방법이 자동 회류수조 PMM 장치에 의해 수행될 수 있도록 자동 회류수조 PMM 장치를 제어할 수 있다.
- [0028] 회류수조는 물을 순환시켜서 시험영역에서 일정한 유속을 발생시키는 장치로서 임펠러(impeller)의 회전수를 조정하여 유속을 자동으로 변경할 수 있다. 후술할 PMM 시험 단계에서 제어부는 임펠러의 회전수를 조정/제어하여 반복 시험 과정에서 회류수조 내부의 유속을 변경시켜 다양한 시험 환경을 조성할 수 있다.
- [0029] 평면운동장치(Planar Motion Mechanism) 시험기는 선박이나 수중 항행체의 모형에 외력을 가하여 모선의 조종운동시 작용하는 유체력을 조사하는 장치이다.
- [0030] 제어부는 초기조건에 따라 PMM 장치를 제어하여 이후 보다 상세히 설명할 본 발명의 실시예에 따른 선박의 성능시험을 위한 평면운동장치시험 방법의 각 단계가 구현될 수 있도록 한다.
- [0031] 초기 시험조건 입력 인터페이스를 제공하여 초기 시험조건을 획득하는 초기 시험조건 획득단계(S10)에서 초기 시험조건을 획득하는 자동 회류수조 PMM시험 장치에 의해 운용자에게 제공되는 입력 인터페이스를 통해 이루어질 수 있다. 운용자는 입력 인터페이스를 통해 초기 조건을 입력하여 초기 시험조건을 자동 회류수조 PMM 시험장치에 제공할 수 있다. 실시예에 따라 입력 인터페이스는 운용자 단말로 제공되거나 자동 회류수조 PMM 시험장치에 부착되거나 유무선 통신 네트워크를 통해 연결된 입력장치 형태로 제공될 수 있다.
- [0032] 초기 시험조건은 시험 대상 모선(모형선)이 배치되는 회류수조의 초기 유속, 상기 시험 대상 모선에 가해지는 편류각, 좌우동요 진폭, 좌우동요 주기, 선수동요 진폭, 선수동요 주기, 초기 위상각, 가감속 시간, 타각, 조합

시험 정보, 후술할 PMM 시험의 반복 회수를 지시하는 정보를 포함할 수 있다.

- [0033] 조합시험 정보는 후술할 PMM 시험을 구성하는 각 단계의 시험, 가령 정적시험에 해당하는 정적 편류각 시험, 정적 타각 시험과 동적시험에 해당하는 순수 좌우동요 시험, 순수 선수동요시험 중 적어도 2개 이상의 시험을 조합하여 함께 시험하는 조합시험을 구성할 개별 시험을 지시하는 정보이다. 운용자는 조합시험 정보를 입력하여 후술할 PMM 시험단계에서 시험을 수행할 조합시험의 내용을 결정할 수 있다. 일 실시예에서 조합시험 정보는 함께 조합하여 시험할 시험 목록을 포함하는 것일 수 있다.
- [0034] PMM 시험 수행 단계(S20)는 초기 시험조건 획득단계(S10)에서 획득한 초기 시험조건 하에서 정적 편류각 시험, 정적 타각 시험, 순수 좌우동요 시험 및 순수 선수동요시험을 포함하는 평면운동장치 시험(Planar Motion Mechanism Test)을 수행하는 단계이다.
- [0035] 상술한 PMM 시험을 구성하는 세부 시험항목으로 예시된 정적 편류각 시험, 정적 타각 시험, 순수 좌우동요 시험 및 순수 선수동요시험은 그 순서에 구애받지 아니하며 설정에 따라 그 순서를 달리하거나 일부 시험을 생략할 수 있다.
- [0036] PMM 시험 수행단계(S20)는 초기 시험조건 하에서 정적 편류각 시험, 정적 타각 시험, 순수 좌우동요 시험 및 순수 선수동요 시험중 적어도 2개 이상의 시험을 조합하여 함께 시험하는 조합시험을 수행하는 조합시험 단계를 더 포함할 수 있다. 이때 조합시험을 구성하는 세부 시험은 상술한 세부 시험중에서 선택된 복수의 세부 시험일 수 있다. 상술한 바와 같이 조합 시험을 구성하는 세부 시험항목은 초기 시험조건 획득단계(S10)를 통해 획득한 조합시험 정보에 의해 지시(indicating)된 것일 수 있다.
- [0037] 본 발명의 실시예에 따른 선박의 성능시험을 위한 평면운동장치시험 방법의 PMM 시험 수행단계(S20)에서 수행되는 PMM 시험 및 PMM 시험을 구성하는 세부 시험항목을 보다 상세히 설명한다.
- [0038] PMM 시험은 PMM 장치를 이용하여 모선이 조종운동을 하는 경우, 모델 안에 포함된 동유체력미계수를 구하기 위하여 수행될 수 있다. 동유체력미계수는 모선의 수평면 직선안정성 해석 및 선회성능과 같은 조종성능 시뮬레이션 등에 이용될 수 있다. 동유체력미계수는 모선의 수평면 운동방향에 따라 전후동요, 좌우동요, 선수동요 관련 계수로 구분될 수 있고, 각각은 가속도 및 속도와의 관련성 여부로 부가질량계수와 감쇠계수로 구분될 수 있다. 또한, 직선안정성 해석시에는 미소 운동을 가정하므로, 동유체력 모형의 다항식 항들 중에서 선형항만 고려할 수 있다. 그러나 선회운동과 같이 좌우동요 속도, 선수동요 각속도가 작지 않은 경우에는 다항식 항들 중에서 비선형항도 고려되어야 한다. 동유체력미계수가 이러한 선형 또는 비선형항들 중에 어떤 항에 관련되는가에 따라 선형 및 비선형계수로 구분될 수 있다.
- [0039] PMM 시험은 강제동요 운동이 수평면 및 수직면 중에서 어느 평면에서 일어나는가에 따라 수평면 PMM(Horizontal PMM, 이하 HPMM)시험과 수직면 PMM(Vertical PMM, 이하 VPMM)시험으로 구분될 수 있다. 선박을 비롯한 해양플랜트 플랫폼은 수면 위에서 운동을 하므로 HPMM 시험을 수행하고, 무인잠수정, 잠수함, 어뢰 등의 수중운동체는 VPMM 시험을 수행한다.
- [0040] PMM 시험에서는 모선을 일정 속력으로 예인하거나 상응하는 유속을 갖는 흐름을 발생시키고, 모선의 흐름에 사항하도록 하거나 정해진 패턴의 운동을 가하여 그 때 작용하는 유체력을 계측하게 된다. PMM 장치는 강제동요장치로서 모선에 정해진 패턴의 운동을 가할 수 있다.
- [0041] HPMM은 동요를 하지 않고 일정한 사향각만큼 모선의 선수동요각을 바꿀 수 있고, 모선에 좌우동요와 선수동요를 발생시킬 수 있다. 그리고, 장치 안에 변위계측 센서를 설치하여, 모선의 좌우동요 변위와 선수동요 각변위의 시계열을 계측한다. HPMM 시험은 정적 편류각시험(Static Drift Test), 순수 좌우동요시험(Pure Sway Test), 순수 선수동요 시험(Pure Yaw Test), 조합 시험(Combined Test)으로 구성될 수 있다. 여기서, 정적 편류각시험은 가속도 발생이 없는 정적시험이고 나머지 시험들은 모선의 속도와 가속도가 동시에 발생하는 조화운동에 대한 동적시험이다. 타를 장착한 일반적인 수상선의 경우에는 정적 타각시험, 정적 타각 및 편류각시험, 선수동요 및 타각 조합시험 등이 추가될 수 있고, 타가 없는 부유체의 경우에는 정적 편류각시험, 순수 좌우동요시험, 순수 선수동요시험, 편류각-선수동요 조합시험 만을 수행할 수 있다.
- [0042] 정적 편류각시험에서는 도 2와 같이 모선의 진행방향과 회두각의 차이인 편류각을 일정하게 하고 유체 흐름 속에 정지한 상태에서 주변 유체가 작용하는 동유체력을 계측한다. 이 때 모선에 가해진 운동과 계측되는 동유체력은 수학식 1 및 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

[0043] [수학식 1]

$$u = V_0 \cos \beta, \quad v = -V_0 \sin \beta, \quad r = 0$$

$$\dot{u} = 0, \quad \dot{v} = 0, \quad \dot{r} = 0$$

[0045] [수학식 2]

$$X_M = X_0 + X_{vv} v^2 + X(u)$$

$$Y_M = Y_0 + Y_v v + \begin{Bmatrix} Y_{vvv} v^3 \\ Y_{v|v|} v |v| \end{Bmatrix}$$

$$N_M = N_0 + N_v v + \begin{Bmatrix} N_{vvv} v^3 \\ N_{v|v|} v |v| \end{Bmatrix}$$

[0046]

[0047] 수학식 1에서 편류각  $\beta$ 는 일반적으로 작은 값을 가지므로, sine, cosine 함수의 1차항 만을 택하여  $u' \approx 1$ ,  $v' \approx -\beta$ 로 나타낼 수 있다.  $V_0$ 는 회류수조의 유속이다. 수학식 2의 동유체력 모델을 좌우동요 속도 대신 편류각으로 나타내는 경우에는  $v$ 를 모두  $\beta$ 로 바꾸어줄 수 있다. 하첨자 M은 시험시 측정되는 값, 하첨자 0은 센서의 정렬오차 또는 모선의 제작오차 등에 의한 값을 나타낸다. 이 값은 모선과 실선의 경우가 서로 다르고, 실선 경우에는 이러한 성분이 없다고 가정할 수 있다.

[0048] 순수 좌우동요시험은 도 3에 도시한 바와 같이 선박의 회두각은 바뀌지 않고, 좌우방향 변위만 조화적으로 변화시키면서 이 때 작용하는 동유체력을 측정한다. 평면운동장치의 좌우동요 변위, 속도, 가속도는 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

[0049] [수학식 3]

$$y_0 = A \sin(\omega t + \epsilon_y)$$

$$\dot{y}_0 = \omega A \cos(\omega t + \epsilon_y)$$

$$\ddot{y}_0 = -\omega^2 A \sin(\omega t + \epsilon_y)$$

[0050]

[0051] 여기서, A,  $\omega$ ,  $\epsilon_y$ 은 각각 평면운동장치의  $y_0$ 방향 진폭, 동요주파수(rad/s), 시간 0초에서의 위상각을 나타낸다. 수학식 3을 선박고정좌표계에 대하여 변환하면 순수 좌우동요시험시의 운동변수와 측정되는 동유체력 모델을 수학식 4 및 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다.

[0052] [수학식 4]

$$u = V_0, \quad v = \dot{y}_0, \quad r = 0$$

$$\dot{u} = 0, \quad \dot{v} = \ddot{y}_0, \quad \dot{r} = 0$$

[0053]

[0054] [수학식 5]

$$X_M = X_{vv} v^2 + X(u)$$

$$Y_M = Y_v \dot{v} + Y_v v + \begin{Bmatrix} Y_{vvv} v^3 \\ Y_{v|v|} v |v| \end{Bmatrix}$$

$$N_M = N_v \dot{v} + N_v v + \begin{Bmatrix} N_{vvv} v^3 \\ N_{v|v|} v |v| \end{Bmatrix}$$

[0055]

[0056] 순수 좌우동요시험에서도 좌우동요 관련 동유체력미계수들  $X_{vv}$ ,  $Y_v$ ,  $Y_{vvv}$ ,  $Y_{v|v|}$ ,  $N_v$ ,  $N_{vvv}$ ,  $N_{v|v|}$ 를 구할 수 있지만, 통상적으로 이러한 계수들은 정적 편류각시험에서 얻은 값을 사용하므로, 순수 좌우동요시험에서는 좌우동요 가속도에 대한 부가질량 및 부가질량관성모멘트 계수만을 구한다.

[0057] 순수 선수동요시험에서는 도 4에 예시된 바와 같이 PMM이 좌우로 움직이는 것에 추가하여 선수방향이 항상 궤적에 접하도록 선수동요각도 바꾸어 주게 된다. 이 때의 선수동요각은 수학식 6과 같이 나타낼 수 있다.

[0058] [수학식 6]

$$\begin{aligned}\psi &= \psi_0 \sin(\omega t + \epsilon_\psi) \\ \dot{\psi} &= \omega \psi_0 \cos(\omega t + \epsilon_\psi) \\ \ddot{\psi} &= -\omega^2 \psi_0 \sin(\omega t + \epsilon_\psi)\end{aligned}$$

[0059]

[0060] 이때, 좌우동요 속도 성분이 없는 순수 선수동요를 얻기 위하여 선수동요각은 좌우동요 변위에 독립적으로 바뀌면 안되고, 선수동요각 진폭, 위상차는 좌우동요 변위, 유속과 수학식 7과 같은 관계가 있어야 한다.

[0061] [수학식 7]

$$\psi_0 = \tan^{-1} \frac{\omega A}{V_0}, \quad \epsilon_\psi = \epsilon_y + \frac{\pi}{2}$$

[0062]

[0063] 이 때 모선에 가해지는 전후동요 및 좌우동요 속도는 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다.

[0064] [수학식 8]

$$\begin{aligned}u &= V_0 \cos \psi + \dot{y}_0 \sin \psi \\ v &= -V_0 \sin \psi + \dot{y}_0 \cos \psi \approx 0 \\ r &= \dot{\psi} \\ \dot{u} &= \ddot{y}_0 \sin \psi - \dot{\psi} (V_0 \sin \psi - \dot{y}_0 \cos \psi) \\ \dot{v} &= \ddot{y}_0 \cos \psi - \dot{\psi} (V_0 \cos \psi + \dot{y}_0 \sin \psi) \approx 0 \\ \dot{r} &= \ddot{\psi}\end{aligned}$$

[0065]

[0066] 여기서, 순수 선수동요인 경우에는 수학식 8의 좌우동요 속도가 0이어야 한다. 수학식 3, 수학식 6, 수학식 7을 수학식 8에 대입하면 수학식 9의 조건이 만족하는 경우에만 순수 선수동요시험시에 좌우동요 속도가 0이 된다.

[0067] [수학식 9]

$$\tan \psi_0 \cos(\omega t + \epsilon_y) = \tan [\psi_0 \cos(\omega t + \epsilon_y)]$$

[0068]

[0069] 수학식 9는 일반적으로 만족될 수 없고,  $\psi_0 \ll 1$ 인 경우에만 만족된다. 따라서,  $\psi_0$ 의 각도가 약 15도 이하이면 순수 선수동요 조건이 만족된다고 가정할 수 있다.

[0070] 순수 선수동요시에 예측되는 동유체력 모델은 수학식 10과 같이 나타낼 수 있다.

[0071] [수학식 10]

$$\begin{aligned}X_M &= X_u \dot{u} + X_{rr} r^2 + X(u) \\ Y_M &= Y_r \dot{r} + Y_r r + \left\{ \begin{array}{l} Y_{rrr} r^3 \\ Y_{r|r|} r |r| \end{array} \right\} \\ N_M &= N_r \dot{r} + N_r r + \left\{ \begin{array}{l} N_{rrr} r^3 \\ N_{r|r|} r |r| \end{array} \right\}\end{aligned}$$

[0072]

[0073] 도 5는 조합 시험의 일례로 선수동요와 편류각 시험을 조합한 경우를 나타낸 것이다. 선수동요와 편류각 조합시험에서는 도 5에 도시한 바와 같이 설정된 편류각이 일정하므로 순수 선수동요 각변위에서 초기 편류각만 더해 주면 된다. 이는 선수동요시 선수동요각과 편류각의 부호가 같기 때문이다.

[0074] [수학식 11]

$$\begin{aligned}\psi &= \psi_0 \sin(\omega t + \epsilon_\psi) + \beta \\ \dot{\psi} &= \omega \psi_0 \cos(\omega t + \epsilon_\psi) \\ \ddot{\psi} &= -\omega^2 \psi_0 \sin(\omega t + \epsilon_\psi)\end{aligned}$$

[0075]

[0076] 여기서, 선수동요각 진폭  $\psi_0$ , 위상차  $\epsilon_\psi$ 는 수학식 7의 순수 선수동요 경우와 동일하고, 운동변수는 수학식 8과 같은데, 편류각이 있으므로  $v$ 가 0이 되지 않는다.

[0077] 조합시험에서 예측되는 동유체력 모델은 나선체에 작용하는 전후동요 동유체력 모델, 좌우동요 동유체력 모델,

선수동요 동유체모멘트 모델과 동일하게 좌우동요속도, 선수동요 각속도에 대한 3차 다항식 또는 절대값으로 기함수 표현을 하는 2차 다항식의 형태로 나타낼 수 있다. 왜냐하면, 조합시험에서 예측되는 모든 운동변수가 0이 아니므로, 이론적으로는 모든 동유체력미계수를 구할 수 있다. 하지만 각각의 동유체력미계수는 순수하게 고려 대상의 운동만 일어날 때 구하는 것이 복잡한 운동이 발생하는 경우에서 구한 것 보다는 정확도가 높다.

[0078] 본원발명의 실시예에 따른 선박의 성능시험을 위한 평면운동장치시험 방법의 결과해석 단계에서는 보다 정확한 결과를 얻기 위하여 정적 편류각 시험, 정적 타각 시험, 순수 좌우동요 시험, 순수 선수동요 시험을 통해 얻어진 동유체력미계수를 소거하고, 조합 시험을 통해 정적 편류각 시험, 정적 타각 시험, 순수 좌우동요 시험, 순수 선수동요 시험을 통해 얻을 수 없는 선수동요와 좌우동요 연성 비선형 동유체력미계수를 구할 수 있다.

[0079] 상술한 바와 같이 회류수조의 초기 유속조건 하에서 정적 편류각 시험, 정적 타각 시험, 순수 좌우동요 시험, 순수 선수동요 시험 및 조합 시험을 수행한 후, 임펠러 회전수를 조정하여 회류수조의 유속을 변경하고 변경된 회류수조 유속 조건 하에서 정적 편류각 시험, 정적 타각 시험, 순수 좌우동요 시험, 순수 선수동요 시험 및 조합 시험을 수행할 수 있다. 즉, 기 설정된 회수만큼 유속 조건을 변경하면서 각 세부 시험 단계를 반복할 수 있는데, 상술한 바와 같이 반복 시험시 일부 세부 시험 항목을 생략하거나 조합 시험을 구성하는 세부 시험 항목을 변경할 수 있다. 일 실시예에서 반복 횟수, 세부 시험 항목의 수행여부, 조합 시험을 구성하는 세부 시험 항목은 초기 시험조건 획득단계에서 얻은 정보에 의하여 결정될 수 있다.

[0080] 표 1은 PMM 시험의 각 세부 시험 항목을 통해 얻어지는 동유체력미계수의 일례를 정리한 것이다.

[0081] [표 1]

| 시험        | 전후동요     | 좌우동요                                    | 선수동요                                    |
|-----------|----------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 정적 편류각시험  | $X_{vv}$ | $Y_v, Y_{vvv}, Y_{v v }$                | $N_v, N_{vvv}, N_{v v }$                |
| 순수 좌우동요시험 | —        | $Y_v^c$                                 | $N_v^c$                                 |
| 순수 선수동요시험 | $X_{rr}$ | $Y_r, Y_r, Y_{rrr}, Y_{r r }$           | $N_r, N_r, N_{rrr}, N_{r r }$           |
| 조합시험      | $X_{vr}$ | $Y_{vvr}, Y_{vrr}, Y_{v v r}, Y_{v r }$ | $N_{vvr}, N_{vrr}, N_{v v r}, N_{v r }$ |

[0082]

[0083] 결과 해석 단계(S30)는 PMM 시험 결과를 기반으로 시험 대상 모선의 성능시험 결과를 해석하는 단계이다.

[0084] 결과 해석 단계(S30)는 상기 PMM 시험을 통해 얻어진 상기 동유체력미계수를 기반으로 상기 시험 대상 모선의 안정성 및 조종성을 판정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0085] 선박의 안정성은 흔히 복원성으로도 표현되는 횡동요 안정성과 좌우동요와 선수동요의 연성에 의한 침로 안정성이 있다. 여기서는 침로안정성을 해석할 수 있고, PMM 시험 수행단계(S20)에서 얻은 동유체력미계수를 통하여 판정할 수 있다. 선박의 조종성은 PMM 시험 수행단계(S20)에서 얻은 동유체력미계수를 이용하여 선회시험, 지그재그시험 시뮬레이션을 이용하여 판정할 수 있다.

[0086] 도 6은 앞서 설명한 본 발명의 실시예에 따른 자동 회류수조 PMM시험 장치에 의해 수행되는 선박의 성능시험을 위한 자동 회류수조 평면운동장치시험 방법의 각 절차를 개략적으로 나타낸 것이다.

[0087] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 선박의 성능시험을 위한 자동 회류수조평면운동장치시험 방법이 구현될 수 있는 자동 회류수조 PMM시험 장치의 제어부 구성을 간략히 나타낸 블록도이다.

[0088] 상술한 바와 같이 본 발명의 실시예에 따른 선박의 성능시험을 위한 자동회류수조 평면운동장치시험 방법이 구현될 수 있는 자동 회류수조 PMM시험 장치는 회류수조, PMM 시험장치, 제어부(50)를 포함한다.

[0089] 회류수조는 물을 순환시켜서 시험영역에서 일정한 유속을 발생시키는 장치로서 임펠러의 회전수를 조정하여 유속을 자동으로 변경할 수 있다.

[0090] PMM 시험장치는 모형선에 외력을 가하여 모형선의 조종 운동시 작용하는 유체력을 조사하는 장치이다.

[0091] 제어부(50)는 초기조건에 따라 자동 회류수조 PMM시험 장치(100)를 제어하여 상술한 본 발명의 실시예에 따른 선박의 성능시험을 위한 자동 회류수조 평면운동장치 시험 방법의 각 단계가 구현될 수 있도록 한다.

[0092] 제어부(50)는 프로세서(processor, 52) 및 메모리(memory, 54)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서 제어모듈(50)은 트랜시버(56)를 더 포함할 수 있다. 프로세서(52), 메모리(54) 및 트랜시버(54)는 서로 기능적으로 연결될

수 있다. 메모리(54)에는 본 발명의 실시예에 따른 선박의 성능시험을 위한 자동 회류수조 평면운동장치시험 방법을 구현하기 위한 알고리즘 및 초기 시험조건이 저장될 수 있다. 프로세서(52)는 전술한 다양한 실시예에 따른 선박의 성능시험을 위한 자동 회류수조 평면운동장치시험 방법을 구현할 수 있다.

[0093] 프로세서(52)는 ASIC(Application-Specific Integrated Circuit), 다른 칩셋, 논리 회로 및/또는 데이터 처리 장치를 포함할 수 있다. 메모리(54)는 ROM(Read Only Memory), RAM(Random Access Memory), 플래쉬 메모리, 메모리 카드, 저장 매체 및/또는 다른 저장 장치를 포함할 수 있다. 실시예가 소프트웨어로 구현될 때, 상술한 기법은 상술한 기능을 수행하는 모듈(과정, 기능 등)로 구현될 수 있다. 메모리(54)는 프로세서(52) 내부 또는 외부에 있을 수 있고, 잘 알려진 다양한 수단으로 프로세서(52)와 연결될 수 있다.

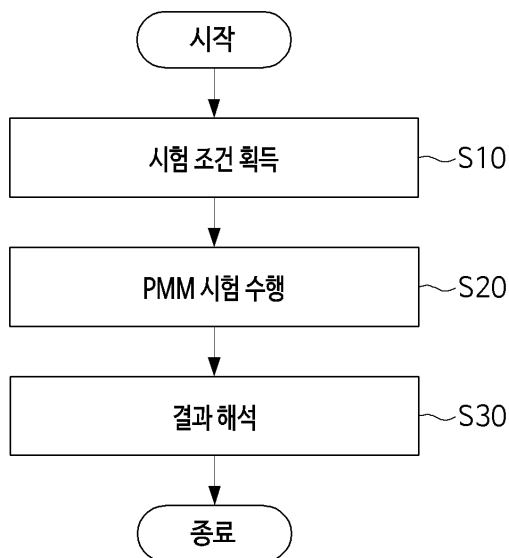
[0094] 본 발명의 일 실시예에 따른 선박의 성능시험을 위한 자동 회류수조 평면운동장치시험 방법 에 의하면, 시험조건을 변경하여 선박의 성능을 시험하는 과정에서 운용자의 개입을 최소화할 수 있어 운용 편의성이 높으며, 적은 소요시간과 적은 비용으로 다양한 조건하에서의 모형 선박의 성능을 시험하여 보다 정확한 시험 결과를 얻을 수 있다.

[0095] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

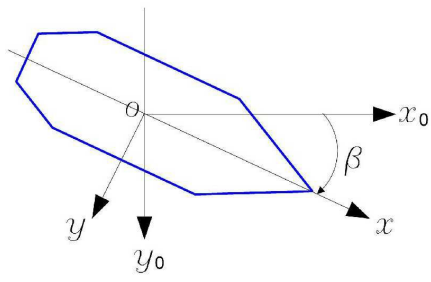
[0096] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

## 도면

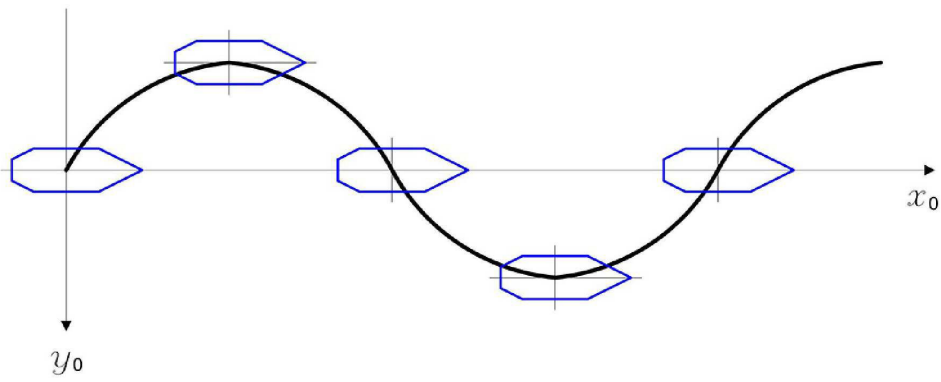
### 도면1



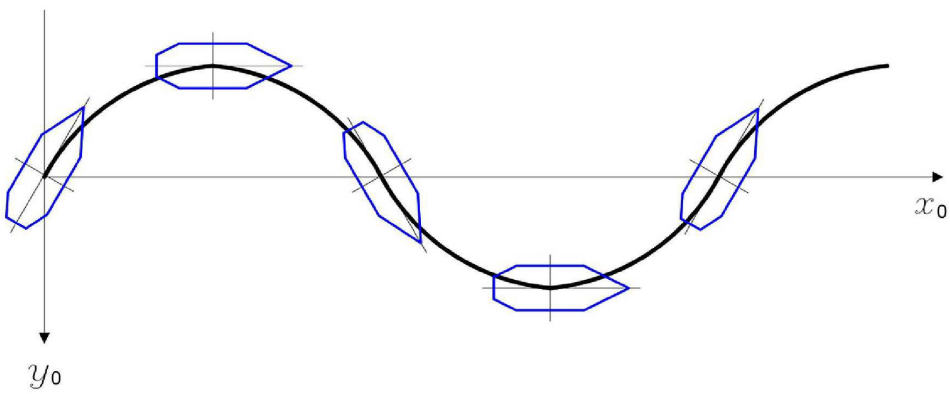
도면2



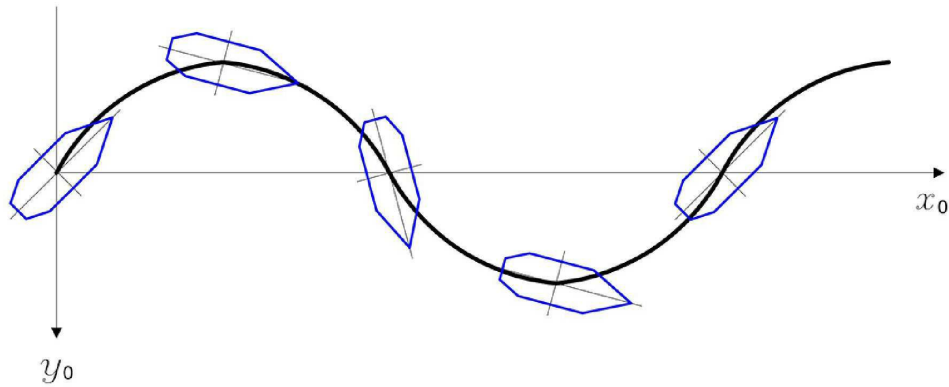
도면3



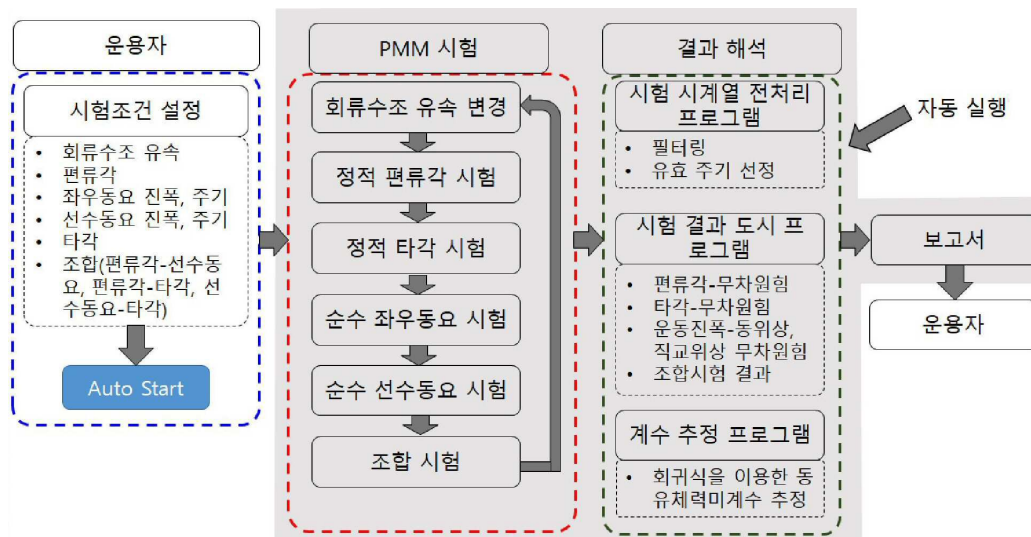
도면4



도면5



도면6



도면7

