



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년05월04일

(11) 등록번호 10-1515902

(24) 등록일자 2015년04월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

*G01L 3/22* (2006.01) *G01M 17/007* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-7036138

(22) 출원일자(국제) 2013년05월28일

심사청구일자 2014년12월23일

(85) 번역문제출일자 2014년12월23일

(65) 공개번호 10-2015-0023461

(43) 공개일자                      2015년03월05일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2013/064771

(87) 국제공개번호 WO 2013/180130

국제공개일자 2013년12월05일

(30) 우선권주장

JP-P-2012-122378 2012년05월29일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2008070119 A

JP2798217 B2

(73) 특허권자

메이텐샤 코포레이션

일본국 도쿄도 시나가와쿠 오사키 2쵸메  
1-1(1410032)

(72) 발명자

타카하시 토시미치

일본국 도쿄도 1416029 시나가와쿠 오사키 2쵸메  
1-1 메이텐샤 코포레이션

(74) 대리인

특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 김수현

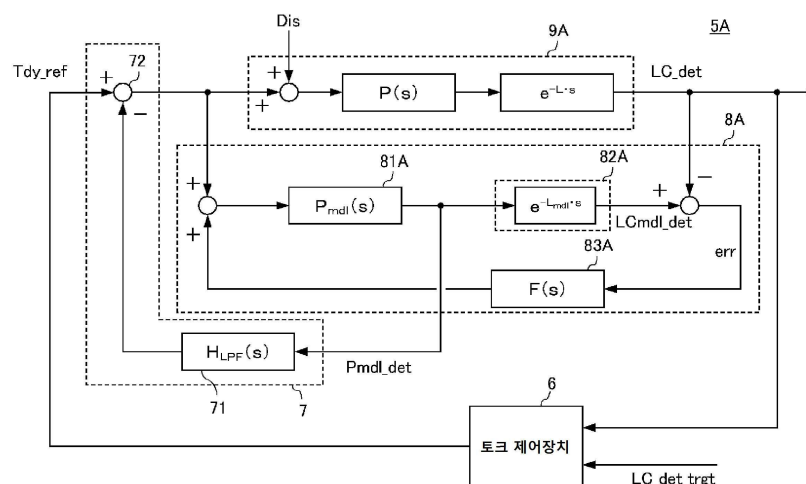
(54) 발명의 명칭 **다이나모미터 시스템의 제어장치**

(57) 요약

고응답하고 안정적인 제어가 가능한 다이내모미터 시스템의 제어장치를 제공하는 것이다.

다이나모미터의 제어장치(5A)는 로드셀의 출력신호 LC\_det에 기초하여 토크 지령신호를 출력하는 토크 제어장치(6)와, 용동자의 고유진동이 억제되도록 토크 지령신호를 보정하고, 제어 입력신호로서 인버터에 입력하는 고유진동 억제회로(7)를 구비한다. 고유진동 억제회로(7)는 옴저버 연산부(8A)의 진동 출력 연산부(81A)에서 2차 지연 표준형의 근사식을 이용하여 산출된 로드셀의 근사신호 Pmd1\_det에 미분 연산을 실시하는 미분 보상기(71)와, 토크 지령신호 Tdy\_ref에서 미분 보상기(71)의 출력신호를 감산함으로써 토크 지령신호를 보정하는 감산기(72)를 구비하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도5



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

부하에 접속된 요동식의 다이나모미터와,

당해 다이나모미터에 전력을 공급하는 인버터와,

상기 다이나모미터의 요동자에 발생하는 토크를, 당해 요동자에서 연장되는 토크암을 통해 검출하는 로드셀을 구비한 다이나모미터 시스템의 제어장치에 있어서,

상기 로드셀의 출력신호에 기초하여 주 신호를 출력하는 주 제어장치와,

상기 요동자의 고유진동이 억제되도록 상기 주 신호를 보정하고, 제어 입력신호로서 상기 인버터에 입력하는 고유진동 억제수단을 구비하고,

상기 고유진동 억제수단은, 상기 로드셀의 출력신호 또는 소정의 근사식을 이용하여 산출된 상기 로드셀의 근사신호에 미분 연산을 실시하는 미분 보상기와, 상기 주 신호에서 상기 미분 보상기의 출력신호를 감산함으로써 당해 주 신호를 보정하는 감산기와,

상기 인버터에 입력되는 제어 입력신호 또는 이에 비례한 신호와 소정의 피드백 신호의 합을 입력으로 하여, 상기 인버터의 입력에서 상기 로드셀의 출력까지를 소정의 댐핑계수 및 상기 요동자의 고유진동수에 의해 특징지어지는 근사식에 기초하여 상기 근사신호를 출력하는 진동 출력 연산부와,

상기 근사신호를 소정의 낭비시간만큼 지연시키는 지연요소를 구비한 지연 보상기와,

상기 지연 보상기의 출력신호와 상기 로드셀의 출력신호의 편차가 최소로 되도록 상기 진동 출력 연산부로 상기 피드백 신호를 출력하는 편차 보상기를 구비하고,

상기 미분 보상기는 상기 지연 보상기에 입력되는 상기 근사신호를 입력으로 하는 것을 특징으로 하는 다이나모미터 시스템의 제어장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 지연 보상기는 상기 낭비시간 지연요소와, 상기 근사신호에서 노이즈를 제거하는 저역 통과 필터요소를 접속하여 구성되는 것을 특징으로 하는 다이나모미터 시스템의 제어장치.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 인버터에 입력되는 제어 입력신호에 소정의 계수를 곱하는 비례요소와,

당해 비례요소의 출력신호와 상기 피드백 신호의 합을 상기 진동 출력 연산부에 입력하는 가산기를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 다이나모미터 시스템의 제어장치.

#### 청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 근사식은  $\omega_n$ 을 상기 요동자의 고유진동수로 하고,  $\zeta$ 를 댐핑계수로 하며,  $s$ 를 라플라스 연산자로 하고,

하기 전달함수  $P_{mdl}(s)$ 로 정의되며,

상기 미분 보상기의 전달함수는  $K$ 를 0보다 크고 1보다 작은 임의의 상수로 하고,  $1/G_{LPF}(s)$ 를 상대차수 1 이상의 임의의 전달함수로 하며, 의사 미분 특성을 갖는 하기 전달함수  $H_{LPF}(s)$ 로 정의되는 것을 특징으로 하는 다이나모미터 시스템의 제어장치.

$$P_{mdl}(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2} \quad (1-1)$$

$$H_{LPF}(s) = \frac{2 \cdot K \cdot s}{\omega_n} \cdot \frac{1}{G_{LPF}(s)} \quad (1-2)$$

## 청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 근사식은  $\omega_n$ 을 상기 요동자의 고유진동수로 하고,  $\zeta$ 를 댐핑계수로 하며,  $s$ 를 라플라스 연산자로 하고, 하기 전달함수  $P_{mdl}(s)$ 로 정의되며,

상기 미분 보상기의 전달함수는  $K$ 를 0보다 크고 1보다 작은 임의의 상수로 하고,  $1/G_{LPF}(s)$ 를 상대차수 1 이상의 임의의 전달함수로 하며, 의사 미분 특성을 갖는 하기 전달함수  $H_{LPF}(s)$ 로 정의되는 것을 특징으로 하는 다이나모미터 시스템의 제어장치.

$$P_{mdl}(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2} \quad (1-1)$$

$$H_{LPF}(s) = \frac{2 \cdot K \cdot s}{\omega_n} \cdot \frac{1}{G_{LPF}(s)} \quad (1-2)$$

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 본 발명은 다이나모미터 시스템의 제어장치에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 요동식(搖動式)의 다이나모미터를 탑재한 엔진 다이나모미터 시스템이나 샤시 다이나모미터 시스템은 그 제어 및 계측에 관한 토크를 검출하기 위한 센서로서 로드셀(load cell)이 이용된다. 로드셀은 다이나모미터의 요동자(搖動子)에 작용하는 토크를 요동자에서 연장되는 토크암(torque arm)을 통해 검출한다(특허문헌 1 참조). 이와 같은 구조상, 로드셀의 출력신호는 실제로 다이나모미터에서 검출되는 토크 이외에, 요동자의 고유진동에 따른 토크 변동 성분이 중첩된 것으로 되지만, 이 변동 성분은 시스템의 제어나 계측에 있어서 본래 불필요한 성분이다. 그래서 종래 로드셀의 출력신호에서 불필요한 토크 변동 성분을 제거하는 기술이 제안되어 있다(특허문헌 1 및 2 참조).

[0003] 특허문헌 1 및 2의 기술에서는 요동자나 토크암에 로드셀과는 별도로 가속도 센서를 설치해두고, 이 가속도 센서의 출력신호와 로드셀의 출력신호를 소정의 수순으로 합성함으로써, 로드셀의 출력신호에서 요동자의 고유진동에 따른 변동을 제거한다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0004] (특허문헌 0001) 일본 특개2006-184135호공보  
(특허문헌 0002) 일본 특개소58-90135호공보  
(특허문헌 0003) 일본 특개평1-138836호공보

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0005] 이상과 같이, 요동식의 다이나모미터를 구비한 종래의 시스템에서는, 로드셀의 출력신호에 포함되는 변동 성분은 요동자의 고유진동에 따른 노이즈로서 이것을 제거하는 경우가 많다. 그렇지만 종래의 시스템에서는 요동자의 고유진동 자체를 억제하도록 하고 있지 않기 때문에, 특히 제어 응답을 높이려고 할 때, 이 고유진동에 기인하는 공진에 의해 헌팅(hunting)이나 발산 등의 불안정 현상이 발생할 우려가 있다. 이 때문에, 종래의 요동식 다이나모미터 시스템에서는 고응답과 동시에 안정적인 제어가 곤란하다.
- [0006] 본 발명은 고응답과 동시에 안정적인 제어가 가능한 다이나모미터 시스템의 제어장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0007] (1) 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 부하에 접속된 요동식의 다이나모미터(예를 들어, 후술하는 다이나모미터(2))와, 당해 다이나모미터에 전력을 공급하는 인버터(예를 들어, 후술하는 다이나모미터(3))와, 상기 다이나모미터의 요동자에 발생하는 토크를, 당해 요동자에서 연장되는 토크암(예를 들어, 후술하는 토크암(27))을 통해 검출하는 로드셀(예를 들어, 후술하는 로드셀(26))을 구비한 다이나모미터 시스템(예를 들어, 후술하는 다이나모미터 시스템(1))의 제어장치(예를 들어, 후술하는 제어장치(5, 5A, 5B, 5C, 5D))를 제공한다. 이 제어장치는 상기 로드셀의 출력신호에 기초하여 주 신호(Tdy\_ref)를 출력하는 주 제어장치(예를 들어, 후술하는 토크 제어장치(6))와, 상기 요동자의 고유진동이 억제되도록 상기 주 신호를 보정하고, 제어 입력신호(Tdy\_ref')로서 상기 인버터에 입력하는 고유진동 억제수단(예를 들어, 후술하는 고유진동 억제회로(7))을 구비하고, 상기 고유진동 억제수단은, 상기 로드셀의 출력신호(LC\_det) 또는 소정의 근사식을 이용하여 산출된 상기 로드셀의 근사신호(Pmdl\_det)에 미분 연산을 실시하는 미분 보상기(예를 들어, 후술하는 미분 보상기(71))와, 상기 주 신호에서 상기 미분 보상기의 출력신호를 감산함으로써 당해 주 신호를 보정하는 감산기(예를 들어, 후술하는 감산기(72))를 구비하는 것을 특징으로 한다.
- [0008] (1) 요동자를 구비한 다이나모미터에 있어서, 인버터의 입력에서 로드셀의 출력까지의 전달함수는 2차 지연 표준형에 의해 근사적으로 표현되는 바, 본 발명에서는 이와 같은 제어대상에 대한 제어 입력신호를 미분 보상기로 보정함으로써, 요동자의 고유진동을 억제하도록 제어대상에 댐핑(damping)을 줄 수 있다. 본 발명의 제어장치에서는 이와 같은 미분 보상기를 구비한 고유진동 억제수단을 설치함으로써, 요동자의 고유진동 자체를 억제하고, 나아가 로드셀의 출력신호에서 불필요한 토크 변동 성분을 제거할 수 있다. 따라서 본 발명에 의하면, 종래에는 필요했던 가속도 센서를 기계장치에 설치하지 않고 로드셀에서 안정된 출력신호를 얻을 수 있다. 또한, 이와 같은 고유진동 억제수단에 의해 요동자의 고유진동을 억제함으로써, 주 제어장치에서는 안정적이고 고응답인 다이나모미터의 제어가 가능하게 된다.
- [0009] (2) 이 경우, 상기 제어장치는 상기 인버터에 입력되는 제어 입력신호 또는 이에 비례한 신호와 소정의 피드백 신호의 합을 입력으로 하여, 상기 인버터의 입력에서 상기 로드셀의 출력까지를 소정의 댐핑계수 및 상기 요동자의 고유진동수에 의해 특징지어지는 근사식에 기초하여 상기 근사신호를 출력하는 진동 출력 연산부(예를 들어, 후술하는 진동 출력 연산부(81A))와, 상기 근사신호를 소정의 낭비시간만큼 지연시키는 낭비시간 지연요소(예를 들어, 후술하는  $e^{-L_{mdl} \cdot s}$ )를 구비한 지연 보상기(예를 들어, 후술하는 지연 보상기(82A, 82B))와, 상기 지연 보상기의 출력신호(LCmcl\_det)와 상기 로드셀의 출력신호(LC\_det)의 편차(err)가 최소가 되도록 상기 진동 출력 연산부로 상기 피드백 신호를 출력하는 편차 보상기(예를 들어, 후술하는 편차 보상기(83A))를 더 구비하

고, 상기 미분 보상기는 상기 지연 보상기에 입력되는 상기 근사신호를 입력으로 하는 것이 바람직하다.

- [0010] (2) 인버터의 입력에서 로드셀의 출력까지의 시스템에는 다양한 지연이 포함된다. 본 발명에서는, 요동자의 고유진동수 및 댐핑계수에 의해 특징지어지는 근사식에 기초하여 근사신호를 출력하는 진동 출력 연산부를 설치한 후, 지연 보상기 및 편차 보상기에 의해 소정의 낭비시간 분의 위상 앞섬 보상된 근사신호를 미분 보상기에 입력함으로써, 외란 및 지연의 영향을 저감하면서 요동자의 고유진동을 보다 확실하게 억제할 수 있다.
- [0011] (3) 이 경우, 상기 지연 보상기는 상기 낭비시간 지연요소(예를 들어, 후술하는  $e^{-L_{mdl} \cdot s}$ )와, 상기 근사신호에서 노이즈를 제거하는 저역 통과 필터요소(예를 들어, 후술하는  $P_{F\_mdl}(s)$ )를 접속하여 구성되는 것이 바람직하다.
- [0012] (3) 인버터의 입력에서 로드셀의 출력까지의 시스템에는 고역의 주파수 영역의 노이즈를 제거하기 위한 필터가 설치되는 경우가 있다. 본 발명에서는, 지연 보상기를 낭비시간 지연요소 및 저역 통과 필터요소를 접속하여 구성함으로써, 낭비시간 분의 위상 앞섬 보상, 및 실제 로드셀의 검출 특성을 보상한 근사신호를 미분 보상기에 입력할 수 있다. 이에 의해, 보다 확실하게 요동자의 고유진동을 억제할 수 있다.
- [0013] (4) 이 경우, 상기 제어장치는 상기 인버터에 입력되는 제어 입력신호에 소정의 계수를 곱하는 비례요소(예를 들어, 후술하는 비례요소(84C))와, 당해 비례요소의 출력신호와 상기 피드백 신호의 합을 상기 진동 출력 연산부에 입력하는 가산기(예를 들어, 후술하는 가산기(85C))를 더 구비하는 것이 바람직하다.
- [0014] (4) 인버터의 입력에서 로드셀의 출력까지의 시스템에는 그 직류 게인(gain) 특성을 적정하게 보정하기 위해, 제어 입력신호에 소정의 계수를 곱한 신호를 인버터에 입력하는 경우가 있다. 본 발명에서는, 인버터에 입력되는 제어 입력신호에 소정의 계수를 곱한 값과 피드백 신호의 합을 진동 출력 연산부에 입력함으로써, 상기 직류 게인 특성의 보정을 고려한 근사신호를 미분 보상기에 입력할 수 있다. 이에 의해, 보다 확실하게 요동자의 고유진동을 억제할 수 있다.
- [0015] (5) 이 경우, 상기 근사식은  $\omega_n$ 을 상기 요동자의 고유진동수로 하고,  $\zeta$ 를 댐핑계수로 하며,  $s$ 를 라플라스 연산자로 하고, 하기 전달함수  $P_{mdl}(s)$ 로 정의되며, 상기 미분 보상기의 전달함수는  $K$ 를 0보다 크고 1보다 작은 임의의 상수로 하고,  $1/G_{LPF}(s)$ 를 상대차수 1 이상의 임의의 전달함수로 하며, 의사 미분 특성을 갖는 하기 전달함수  $H_{LPF}(s)$ 로 정의되는 것이 바람직하다.

### 수학식 1

$$P_{mdl}(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2} \quad (1-1)$$

$$H_{LPF}(s) = \frac{2 \cdot K \cdot s}{\omega_n} \cdot \frac{1}{G_{LPF}(s)} \quad (1-2)$$

- [0017] (5) 상기  $P_{mdl}(s)$ 와  $H_{LPF}(s)$ 를 피드백 결합하여 구성된 시스템의 폐루프 전달함수  $G(s)$ 는, 고주파수 대역에서의 검출 노이즈를 저감하기 위해 도입되는  $1/G_{LPF}(s)$ 를 근사적으로 1로 하고, 하기 식 (2)와 같이 된다. 따라서 본 발명에 의하면, 미분 보상기의 계수  $K$ 의 크기를 조정함으로써, 고유진동수에서의 공진점을 억제하도록 바람직한 주파수 응답 특성을 용이하게 실현할 수 있다.

## 수학식 2

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2 \cdot (\zeta + K) \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2} \quad (2)$$

[0019]

## 발명의 효과

[0020]

본 발명에 의하면, 가속도 센서를 기계장치에 설치하지 않고 로드셀에서 안정된 출력신호를 얻을 수 있다. 또한, 이와 같은 고유진동 억제수단에 의해 요동자의 고유진동을 억제함으로써, 주 제어장치에서는 안정적이고 고응답인 다이나모미터의 제어가 가능하게 된다.

## 도면의 간단한 설명

[0021]

도 1은 본 발명의 일 실시형태에 따른 다이나모미터 시스템의 구성을 모식적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 실시예 1의 제어장치의 구성을 나타낸 블록도이다.

도 3은 인버터의 입력에서 로드셀의 출력까지의 전달함수의 스텝응답 예를 나타낸 도면이다.

도 4는 페루프 전달함수의 보드선도이다.

도 5는 실시예 2의 제어장치의 구성을 나타낸 블록도이다.

도 6은 실시예 3의 제어장치의 구성을 나타낸 블록도이다.

도 7은 실시예 4의 제어장치의 구성을 나타낸 블록도이다.

도 8은 실시예 5의 제어장치의 구성을 나타낸 블록도이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022]

이하, 본 발명의 일 실시형태에 대하여 도면을 참조하여 설명한다.

[0023]

도 1은 요동식 다이나모미터 시스템(1)의 구성을 모식적으로 나타낸 도면이다.

[0024]

시스템(1)은 요동식 다이나모미터(2)와, 토크 전류 지령신호에 따른 전력을 다이나모미터(2)에 공급하는 인버터(3)와, 이들의 도시되지 않은 제어장치를 포함하여 구성된다.

[0025]

다이나모미터(2)는 원통형의 고정자(21)와, 이 고정자(21)에 회전 가능하게 지지된 회전자(22)와, 이들 고정자(21) 및 회전자(22)로 구성되는 요동자(23)를 기대(基台)(24) 상에 요동 가능하게 지지하는 받침대(pedestal)(25)와, 요동자(23)에 발생하는 토크를 검출하는 로드셀(26)을 구비한다.

[0026]

회전자(22)의 회전축에는 도시되지 않은 부하가 접속되어 있다. 요동자(23)에는 대략 수평으로 연장된 토크암(27)이 설치되어 있다. 로드셀(26)은 기대(24) 상에 설치된다. 또한, 토크암(27)과 로드셀(26)은 토크암(27)의 선단부에 설치된 연결부재(28)를 통해 접속된다. 부하에서의 구동력이 회전축에 전달되면, 회전자(22)에 토크가 발생하여 그 반작용으로 고정자(21)에 토크가 발생한다. 이들 요동자(23)에 발생하는 토크는 토크암(27) 및 연결부재(28)를 통해 로드셀(26)에 의해 검출된다.

[0027]

이하, 로드셀(26)을 구비한 다이나모미터 시스템(1)의 제어장치의 구성에 대한 실시예에 대하여 설명한다.

[0028]

[실시예 1]

[0029]

도 2는 실시예 1의 다이나모미터 시스템의 제어장치(5)의 구성을 나타낸 블록도이다.

[0030]

도 2에서 제어대상(9)은 도 1을 참조하여 설명한 인버터, 다이나모미터, 및 로드셀 등을 포함하여 구성된다. 제어장치(5)는 도 2에 나타낸 제어 시스템에 있어서 메이저 루프를 구성하는 주 제어장치로서의 토크 제어장치(6)와 마이너 루프를 구성하는 고유진동 억제회로(7)를 구비한다.

[0031] 토크 제어장치(6)는 로드셀의 출력신호 LC\_det 및 그 목표치 LC\_det\_trgt 등의 입력에 기초하여 토크 전류 지령신호 Tdy\_ref를 출력한다. 또한, 주 제어장치로서는 제어 입력신호로서의 토크 전류 지령신호 Tdy\_ref를 출력하는 것이라면, 토크를 제어하는 것에 한정되지 않고, 위치, 속도, 주행 저항 등을 제어하는 것으로 치환하여도 좋다.

[0032] 고유진동 억제회로(7)는 다이내모미터의 요동자의 고유진동이 억제되도록 토크 전류 지령신호 Tdy\_ref를 보정하고, 이를 제어 입력신호 Tdy\_ref'로서 제어대상(9)에 입력한다. 고유진동 억제회로(7)는 로드셀의 출력신호 LC\_det에 미분 연산을 실시한 미분 보상기(71)와, 토크 제어장치(6)의 토크 전류 지령신호 Tdy\_ref에서 미분 보상기(71)의 출력신호를 감산함에 의해 토크 전류 지령신호 Tdy\_ref를 보정하는 감산기(72)를 구비한다.

[0033] 도 3은 인버터의 입력에서 로드셀의 출력까지의 전달함수 P(s)의 스텝응답 예를 나타낸 도면이다. 도 3에 나타낸 바와 같이, 로드셀의 출력신호는 요동자의 고유진동에 의해 진동적인 거동을 나타낸다. 그래서, 이 전달함수 P(s)를 요동자의 고유진동수  $\omega_n$  및 댐핑계수  $\zeta$ 에 의해 하기 식 (3)에 나타낸 바와 같은 2차 지연 표준형으로 근사한다.

### 수학식 3

$$P(s) = \frac{LC\_det}{Tdy\_ref'} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2} \quad (3)$$

[0034]

[0035] 또한, 미분 보상기(71)의 전달함수를 H(s)로 하면, 입력 Tdt\_ref와 출력 LC\_det의 비율, 즉 페루프 전달함수 G(s)는 하기 식 (4)와 같이 표현된다.

### 수학식 4

$$G(s) = \frac{LC\_det}{Tdy\_ref'} = \frac{P(s)}{1 + P(s) \cdot H(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2 + H(s) \cdot \omega_n^2} \quad (4)$$

[0036]

[0037] 이 때, 미분 보상기(71)의 전달함수 H(s)를 임의의 계수 K(예를 들어,  $0 < K < 1$ ) 및 고유진동수  $\omega_n$ 에 의해 하기 식 (5-1)과 같이 정의하면, 전달함수 G(s)에 대해 하기 식 (5-2)가 도출된다.

### 수학식 5

$$H(s) = \frac{2 \cdot K \cdot s}{\omega_n} \quad (5-1)$$

[0038]

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2 \cdot (\zeta + K) \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2 \cdot \Delta \zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2} \quad (5-2)$$

[0039]

[0040] 상기 식 (5-2)는 미분 보상기(71)를 설치함으로써  $\omega_n$ 의 고유진동을 억제하도록 제어대상(9)에 댐핑을 줄 수 있는 것을 의미한다. 따라서 본 실시예의 제어장치(5)에 의하면, 미분 보상기(71)를 설치한 후, 그 계수 K 값을 0에서 1의 범위 내에서 적절한 값으로 조정함으로써 댐핑 항의 계수  $\Delta \zeta$ 를 조정하고, 요동자의 고유진동을 억제할 수 있다(도 4의 보드선도 참조).

[0041] 또한, 미분 보상기(71)의 전달함수는 상기 식 (5-1)에서 정의된 바와 같은 완전 미분 특성을 갖는 전달함수 H(s)로 한정되지 않는다. 이 밖에, 미분 보상기(71)의 전달함수는 고역의 주파수 대역에서의 검출 노이즈를 저



값하기 위해, 하기 식 (6)에서 정의된 바와 같은 의사 미분 특성을 갖는 전달함수  $H_{LPF}(s)$ 를 이용하여도 좋다. 하기 식 (6)에서 전달함수  $1/G_{LPF}(s)$ 는 상대 차수 1 이상의 임의의 함수이다.

### 수학식 6

$$H_{LPF}(s) = \frac{2 \cdot K \cdot s}{\omega n} \cdot \frac{1}{G_{LPF}(s)} \quad (6)$$

[실시예 2]

도 5는 실시예 2의 다이내모미터 제어장치(5A)의 구성을 나타낸 블록도이다.

본 실시예의 제어장치(5A)는 실시예 1의 제어장치(5)와 비교하여 옵저버(observer) 연산부(8A)를 더 구비한 점에서 다르다. 이하의 제어장치(5A)의 설명에 있어서, 실시예 1의 제어장치(5)와 동일한 구성에 대해서는 동일한 부호를 붙이고, 그 설명을 생략한다.

옵저버 연산부(8A)는 진동 출력 연산부(81A)와 지연 보상기(82A)와 편차 보상기(83A)를 구비한다.

진동 출력 연산부(81A)는 인버터에 입력되는 토크 전류 지령신호 Tdy\_ref'과 편차 보상기(83A)에서 출력되는 후 출력하는 피드백 신호의 합을 입력으로 하여, 하기 식 (7)에 나타난 근사식에 기초하여 근사신호 Pmd1\_det를 출력한다. 진동 출력 연산부(81A)에서 출력되는 근사신호 Pmd1\_det는 지연 보상기(82A) 및 미분 보상기(71)에 입력된다.

### 수학식 7

$$P_{mdt}(s) = \frac{\omega n^2}{s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega n \cdot s + \omega n^2} \quad (7)$$

지연 보상기(82A)는 근사신호 Pmd1\_det를 소정의 낭비시간 Lmdl만큼 지연시키는 낭비시간 지연요소  $e^{-L_{mdl} \cdot s}$ 를 구비한다.

편차 보상기(83A)는 지연 보상기(82A)의 출력신호 Lcmd1\_det에서 로드셀의 출력신호 LC\_det를 감산하여 얻어지는 편차 err이 최소가 되도록 피드백 신호를 출력한다. 이 편차 보상기(83A)의 전달함수 F(s)는 예를 들어, 계수 KG를 조정 게인( $0 < KG < 1$ )으로 하고,  $1/F_{LPF}(s)$ 를 상대차수 1이상의 임의의 전달함수로서 하기 식 (8)로 표현된다.

### 수학식 8

$$F(s) = KG \cdot \frac{1}{F_{LPF}(s)} \quad (8)$$

도 5에 나타낸 바와 같이, 제어대상(9A)에는 낭비시간 L에 해당하는 지연이 있는 곳에, 상술한 바와 같은 진동 출력 연산부(81A) 및 지연 보상기(82A)를 설치함으로써, 미분 보상기(71)에는 로드셀 출력 LC\_det에 대해 낭비시간 분의 위상 앞섬 보상한 근사신호 Pmd1\_det를 입력할 수 있다. 또한, 부하측에서 제어대상(9A)에 외란 토크 Dis가 가해지면, 이 외란의 영향은 편차 err을 통해 진동 출력 연산부(81A)에 입력된다. 따라서, 본 실시예의 제어장치(5A)에 의하면 외란 및 지연의 영향을 저감하면서 요동자의 고유진동을 확실하게 억제할 수 있다.



- [0053] [실시예 3]
- [0054] 도 6은 실시예 3의 다이나모미터 시스템의 제어장치(5B)의 구성을 나타낸 블록도이다.
- [0055] 본 실시예의 제어장치(5B)는 실시예 2의 제어장치(5A)와 비교하여 옹저버 연산부(8B)의 구성이 다르다. 이하의 제어장치(5B)의 설명에 있어서, 실시예 2의 제어장치(5B)와 동일한 구성에 대해서는 동일한 부호를 붙이고 그 설명을 생략한다.
- [0056] 옹저버 연산부(8B)의 지연 보상기(82B)는 근사신호 Pmd1\_det를 소정의 낭비시간 Lmd1만큼 지연시키는 낭비시간 지연요소  $e^{-L_{md1} \cdot s}$ 와, 근사신호 Pmd1\_det에서 노이즈를 제거하는 저역 통과 필터요소  $P_{F\_md1}(s)$ 를 접속하여 구성된다.
- [0057] 제어대상(9B)에는 고역의 주파수 영역의 노이즈를 제거하기 위한 필터  $P_F(s)$ 가 설치되는 경우이다. 본 실시예에 의하면, 지연 보상기(82B)를 낭비시간 지연요소  $e^{-L_{md1} \cdot s}$  및 저역 통과 필터요소  $P_{F\_md1}(s)$ 를 접속하여 구성함으로써, 낭비시간 분의 위상 앞섬 보상, 및 필터를 구비한 실제 로드셀의 검출 특성을 보상한 근사신호 Pmd1\_det를 미분 보상기(71)에 입력할 수 있다. 이에 의해, 보다 확실하게 요동자의 고유진동을 억제할 수 있다.

- [0058] [실시예 4]
- [0059] 도 7은 실시예 4의 다이나모미터 시스템의 제어장치(5C)의 구성을 나타낸 블록도이다.
- [0060] 본 실시예의 제어장치(5C)는 실시예 2의 제어장치(5A)와 비교하여 옹저버 연산부(8C)의 구성이 다르다. 이하의 제어장치(5C)의 설명에 있어서, 실시예 2의 제어장치(5A)와 동일한 구성에 대해서는 동일한 부호를 붙이고 그 설명을 생략한다.
- [0061] 인버터에 입력되는 토크 전류 지령과 실제 발생하는 토크 사이에서 근소하면서 정상적(定常的)인 차이가 발생하는 경우가 있다. 그래서, 실제의 다이나모미터 시스템에서는 이 차이를 없애기 위해 직류 게인 특성이 보정되는 경우가 있다. 이 직류 게인 특성의 보정을 고려하면, 인버터로의 입력에서 로드셀의 출력까지의 전달함수 Pdc(s)는 계수 KC를 도입하여, 상기 식 (3)을 대체하여 하기 식 (9)로 근사된다.

### 수학식 9

$$Pdc(s) = \frac{LC\_det}{Tdy\_ref'} = \frac{Kdc \cdot \omega n^2}{s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot \omega n \cdot s + \omega n^2} \quad (9)$$

- [0062]
- [0063] 옹저버 연산부(8C)는 이 직류 게인 특성을 보상하기 위해, 제어 입력신호 Tdy\_ref'에 직류 게인 Kdc를 곱하는 비례요소(84C)를 더 구비한다. 가산기(85C)는 이 비례요소(84C)의 출력신호와 편차 보상기(83A)에서의 피드백 신호의 합을 진동 출력 연산부(81A)에 입력한다.
- [0064] 본 실시예에 의하면, 직류 게인 Kdc를 곱한 제어 입력신호 Tdy\_ref'를 진동 출력 연산부(81A)에 입력함으로써, 낭비시간의 위상 앞섬 보상, 직류 게인 특성 보상한 근사신호 Pmd1\_det를 미분 보상기(71)에 입력할 수 있다. 이에 의해, 보다 확실하게 요동자의 고유진동을 억제할 수 있다.

- [0065] [실시예 5]
- [0066] 도 8은 실시예 5의 다이나모미터 시스템의 제어장치(5D)의 구성을 나타낸 블록도이다.
- [0067] 본 실시예의 제어장치(5D)는 실시예 4의 제어장치(5C)와 비교하여 옹저버 연산부(8C)의 구성이 다르다. 이하의 제어장치(5D)의 설명에 있어서, 실시예 4의 제어장치(5C)와 동일한 구성에 대해서는 동일한 부호를 붙이고 그

설명을 생략한다.

[0068] 옵저버 연산부(8D)의 지연 보상기(82B)는 근사신호 Pmd1\_det를 소정의 낭비시간 Lmd1만큼 지연시키는 낭비시간 지연요소  $e^{-L_{md1} \cdot s}$ 와, 근사신호 Pmd1\_det에서 노이즈를 제거하는 저역 통과 필터요소  $P_{F\_md1}(s)$ 를 접속하여 구성된다.

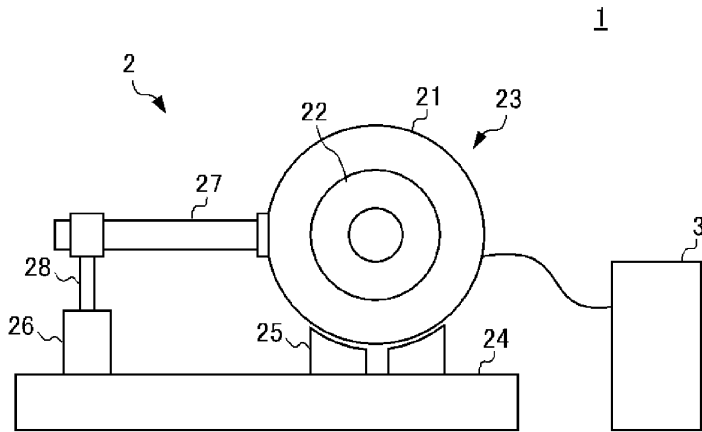
[0069] 본 실시예에 의하면, 낭비시간 분의 위상 앞섬 보상, 실제 로드셀의 검출 특성 보상, 및 직류 계인 특성 보상을 근사신호 Pmd1\_det를 미분 보상기(71)에 입력할 수 있다. 이에 의해, 보다 확실하게 요동자의 고유진동을 억제할 수 있다.

### 부호의 설명

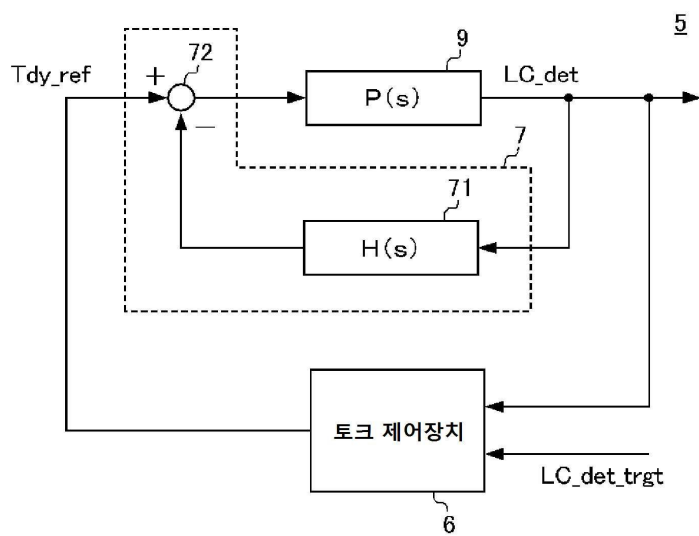
[0070] 1 다이ना모미터 시스템  
2 다이나모미터  
23 요동자  
26 로드셀  
27 토크암  
3 인버터  
5, 5A, 5B, 5C, 5D 제어장치  
6 토크 제어장치(주 제어장치)  
7 고유진동 억제회로(고유진동 억제수단)  
71 미분 보상기  
72 감산기  
8A, 8B, 8C, 8D 옵저버 연산부  
81A 진동 출력 연산부  
82A, 82B 지연 보상기  
83A 편차 보상기  
84C 비례요소  
85C 가산기

도면

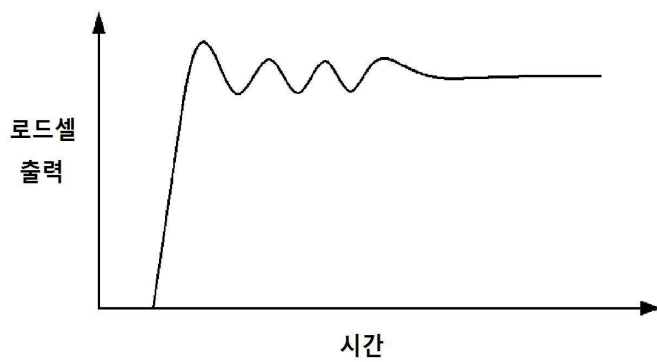
도면1



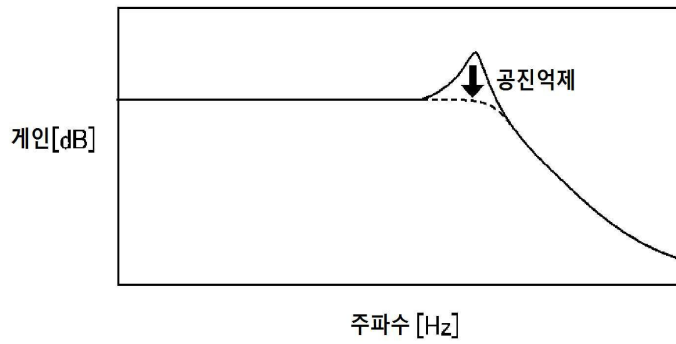
도면2



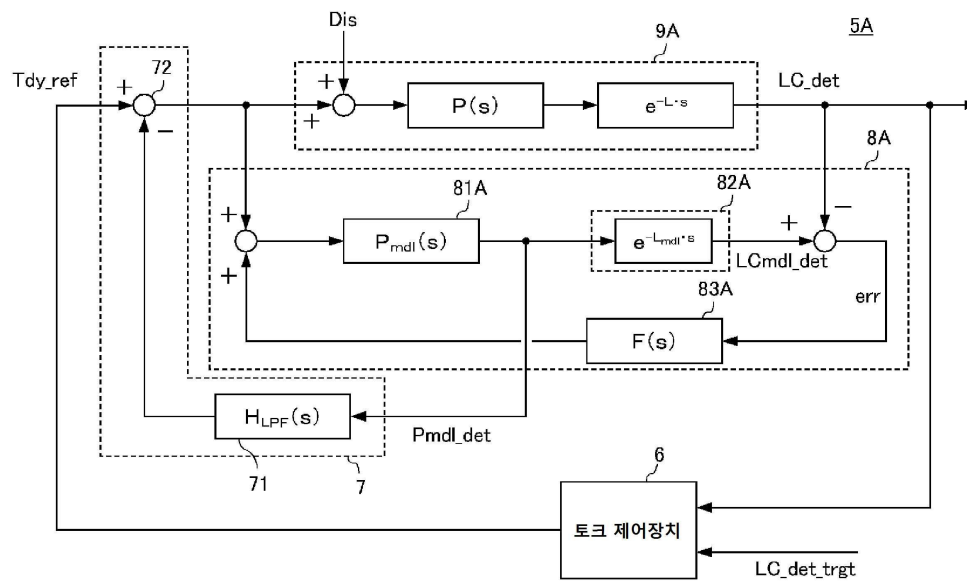
도면3



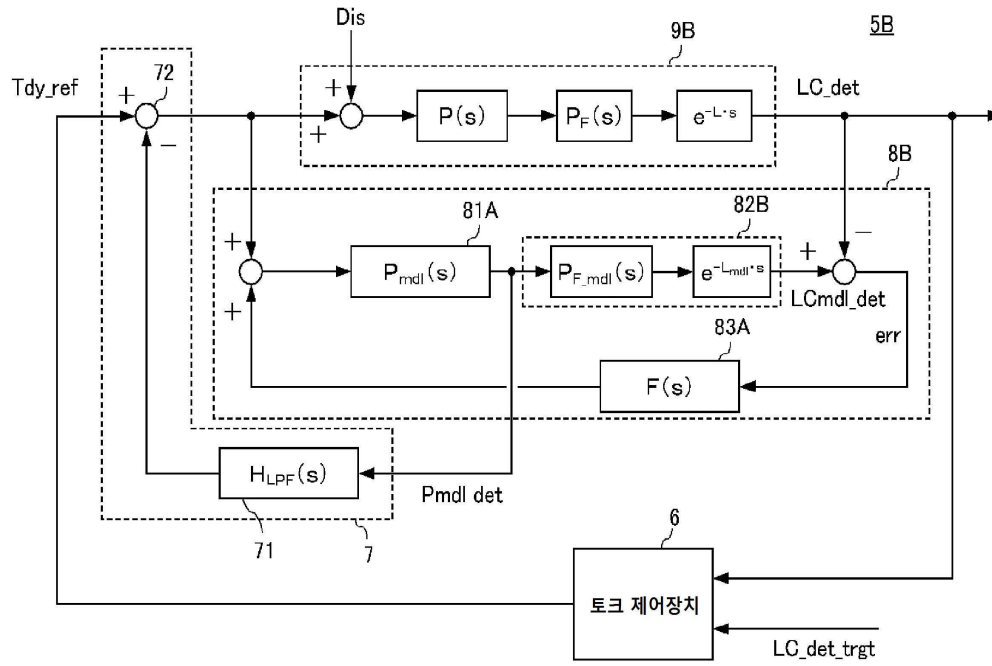
도면4



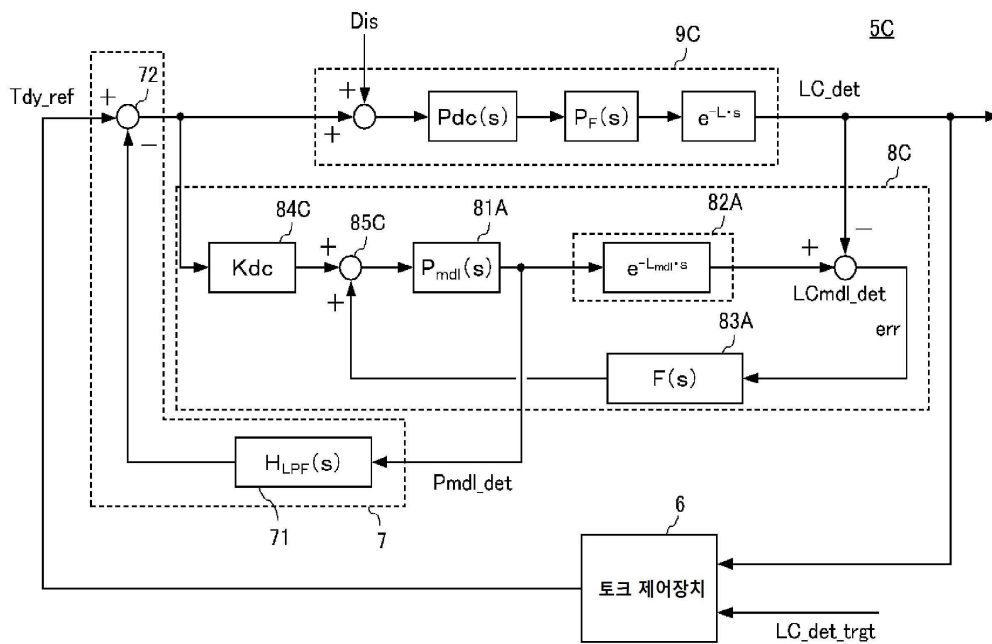
도면5



도면6



도면7



도면8

