



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0115797
(43) 공개일자 2011년10월24일

(51) Int. Cl.

G05B 6/00 (2006.01) G05B 11/42 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0035326

(22) 출원일자 2010년04월16일

심사청구일자 2010년04월16일

(71) 출원인

경상대학교산학협력단

경상남도 진주시 가좌동 900

한국서부발전 주식회사

서울특별시 강남구 삼성동 167

(72) 발명자

신휘범

경상남도 진주시 이현동 이현하이클래스웰가아파트 105동 203호

이순영

경상남도 진주시 금산면 장사리 진주푸르지오2단지아파트 201동 802호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이현수, 김태현, 정홍식

전체 청구항 수 : 총 4 항

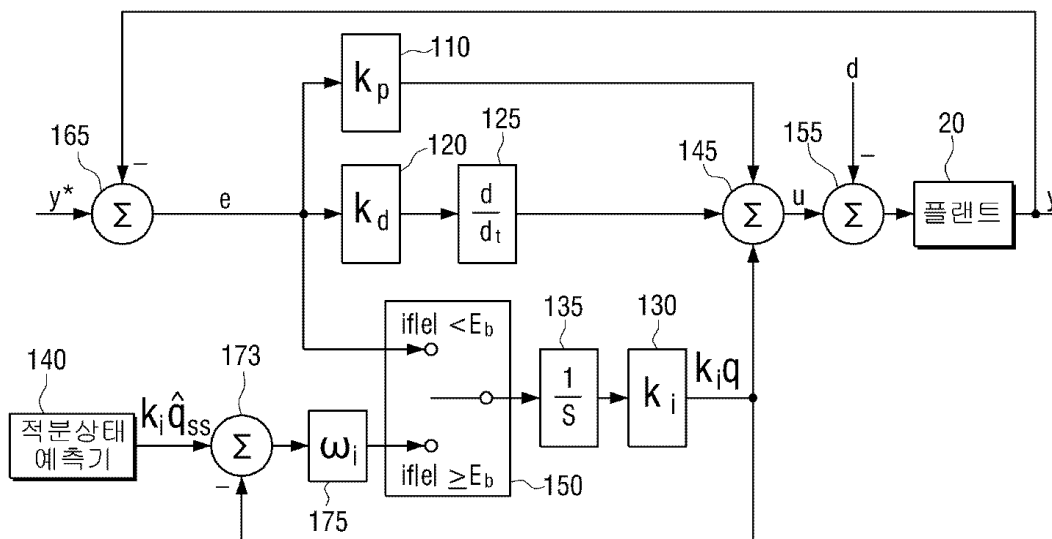
(54) 비례적분미분제어기 및 그 제어 방법

(57) 요약

비례적분미분제어기가 개시된다. 비례적분미분제어기는 제어 대상 플랜트의 기준 값과 출력 값의 차이 기인한 출력 오차에 대해 비례 연산을 수행하는 비례 제어기, 출력 오차에 대해 미분 연산을 수행하는 미분 제어기, 출력 오차에 대해 적분 연산을 수행하는 적분 제어기, 적분 제어기의 정상상태 값을 예측하는 적분상태 예측기, 출력 오차가 기설정된 오차 범위 내인지 여부를 판단하는 비교기, 비교기의 판단 결과, 출력 오차가 기설정된 오차 범위 내에 있지 않은 경우 적분상태 예측기에서 예측된 정상상태 값을 적분 제어기의 출력으로 제공하는 적분상태 초기화 루프 및 출력 오차가 기설정된 오차 범위 내에 있는 경우 출력 오차를 선택하여 상기 적분 제어기에 제공하는 스위치를 포함한다. 이에 따라 명령과 외란의 크기에 관계없이 정착시간 및 오버슈트가 거의 일정한 응답 성능을 얻을 수 있게 된다.

대표도

200



(72) 발명자

김순교

서울특별시 강남구 대치동 은마아파트 8동 310호

정인영

서울특별시 양천구 신정6동 목동아파트 14단지
1425동 405호

특허청구의 범위

청구항 1

제어 대상 플랜트의 기준 값과 출력 값의 차이에 기인한 출력 오차에 대해 비례 연산을 수행하는 비례 제어기;

상기 출력 오차에 대해 미분 연산을 수행하는 미분 제어기;

상기 출력 오차에 대해 적분 연산을 수행하는 적분 제어기;

상기 적분 제어기의 정상상태 값을 예측하는 적분상태 예측기;

상기 출력 오차가 기설정된 오차 범위 내인지 여부를 판단하는 비교기;

상기 비교기의 판단 결과, 상기 출력 오차가 상기 기설정된 오차 범위 내에 있지 않은 경우 상기 적분상태 예측기에서 예측된 상기 정상상태 값을 상기 적분 제어기의 출력으로 제공하는 적분상태 초기화 루프; 및

상기 출력 오차가 상기 기설정된 오차 범위 내에 있는 경우 상기 출력 오차를 선택하여 상기 적분 제어기에 제공하는 스위치;를 포함하는 비례적분미분제어기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 적분 제어기는,

상기 출력 오차가 입력되면, 상기 적분상태 예측기에서 예측된 상기 정상상태 값을 초기값으로 하여 상기 출력 오차에 대한 적분 연산을 수행하는 것을 특징으로 하는 비례적분미분제어기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 적분 상태 초기화 루프는,

저역통과필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 비례적분미분제어기.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 적분상태 예측기는,

하기의 수학식에 의해 상기 정상상태 값 $\hat{k}_s \hat{q}_{ss}$ 을 예측하는 것을 특징으로 하는 비례적분미분제어기;

$$\hat{k}_s \hat{q}_{ss} = \frac{1}{b} \left(e + \frac{1}{\tau} e \right) + u$$

여기서, b는 입력계수, e는 출력 오차, u는 제어 대상인 플랜트 입력 및 τ 는 시스템의 고유 시정수를 나타낸다.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 비례적분미분제어기 및 그 제어 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는, 거의 일정한 응답을 갖는 비례적분미분제어기 및 그 제어 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 비례-적분-미분 제어기(PID제어기)는 제어 변수와 기준 입력 사이의 편차에 근거하여 계통의 출력이 기준전압을

유지하도록 하는 피드백 제어의 일종으로, 오늘날 산업체의 설비에 가장 많이 사용되고 있는 제어기 형태이다.

- [0003] 구체적으로, PID제어기는 제어하고자 하는 대상의 출력값(output)을 측정하여 이를 원하고자 하는 참조값(reference value) 혹은 설정값(setpoint)과 비교하여 오차(error)를 계산하고, 이 오차값을 이용하여 제어에 필요한 제어값을 계산하는 구조로 되어 있다.
- [0004] PID제어기에서 비례제어는 제어 대상의 출력과 목표 값의 차이인 오차에 비례하며, 적분제어는 오차를 시간에 대해 적분하여 얻으며, 정상상태 오차를 제거하기 위해 사용되며 이득이 크면 오버슈트가 크게 발생할 수 있다. 또한, 미분제어는 오차를 미분하여 오차의 응답을 예측하여 오버슈트를 줄이기 위해 사용된다.
- [0005] 일정한 이득을 갖는 비례적분미분제어기에서 출력 명령 또는 외란 등의 동작조건에 따라 정착시간 및 오버슈트 등의 응답특성이 달라지게 된다.
- [0006] 비례적분미분제어기의 이득은 출력 명령, 외란 등을 고려한 최악의 동작조건에서 정착시간과 오버슈트 등 제어 성능을 만족하도록 일반적으로 결정된다.
- [0007] 따라서 이득을 선정하기 위해 최악의 동작조건을 먼저 가정하고 제어시스템을 시뮬레이션하여 제어성능을 만족하는가를 판단해야하고, 만일 제어성능을 만족하지 못하면 이득을 다시 반복하여 선정해야하므로 이득 선정절차가 복잡하고, 이득 튜닝에 전문적인 또는 경험적인 지식이 필요하다 .
- [0008] 또한 선정된 이득의 비례적분미분제어기의 응답은 최악의 동작조건에서 사양에 만족하도록 정했기 때문에 다른 동작조건에서는 응답이 과제동될 수 있어 제어 입력을 충분히 활용하지 못한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로 본 발명의 목적은 거의 일정한 응답을 갖는 비례적분미분제어기 및 그 제어 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 이상과 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 비례적분미분제어기는, 제어 대상 플랜트의 기준 값과 출력 값의 차이 기인한 출력 오차에 대해 비례 연산을 수행하는 비례 제어기, 상기 출력 오차에 대해 미분 연산을 수행하는 미분 제어기, 상기 출력 오차에 대해 적분 연산을 수행하는 적분 제어기, 상기 적분 제어기의 정상상태 값을 예측하는 적분상태 예측기, 상기 출력 오차가 기설정된 오차 범위 내인지 여부를 판단하는 비교기, 상기 비교기의 판단 결과, 상기 출력 오차가 상기 기설정된 오차 범위 내에 있지 않은 경우 상기 적분상태 예측기에서 예측된 상기 정상상태 값을 상기 적분 제어기의 출력으로 제공하는 적분상태 초기화 루프 및 상기 출력 오차가 상기 기설정된 오차 범위 내에 있는 경우 상기 출력 오차를 선택하여 상기 적분 제어기에 제공하는 스위치를 포함한다.
- [0011] 또한, 상기 적분 제어기는, 상기 출력 오차가 입력되면, 상기 적분상태 예측기에서 예측된 상기 정상상태 값을 초기값으로 하여 상기 출력 오차에 대한 적분 연산을 수행할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 적분 상태 초기화 루프는 저역통과필터를 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 적분상태 예측기는, 하기의 수학식에 의해 상기 정상상태 값 $\hat{k}_s \hat{q}_{ss,i}$ 을 예측할 수 있다.

$$\hat{k}_s \hat{q}_{ss,i} = \frac{1}{b} \left(\dot{e} + \frac{1}{\tau} e \right) + u$$

- [0014]
- [0015] 여기서, b는 입력계수, e는 출력 오차, u는 제어 대상인 플랜트 입력 및 τ 는 시스템의 고유 시정수를 나타낸다.

발명의 효과

- [0016] 이에 따라 제어입력에 제한이 없는 경우 적분상태 예측기를 갖는 비례적분미분제어기에 의해 명령과 외란의 크기에 관계없이 정착시간 및 오버슈트가 거의 일정한 응답 성능을 얻을 수 있고, 정상상태에서 계단 외란에 대해

서 최대 출력 오차와 정착시간을 상당히 줄일 수 있다. 또한 최악의 경우를 가정한 설계 절차가 불필요하여 비례적분미분제어기의 이득 선정이 매우 용이하고, 적당한 상수 이득에 의해 모든 동작조건에서도 오버슈트가 없는 거의 일정한 응답을 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1는 본 발명의 일 실시 예에 따른 비례적분미분제어기를 포함하는 피드백(Feed-Back) 제어 계통의 제어 시스템의 구성을 도시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 이해를 돕기 위한 비례적분미분 제어기의 동작 영역을 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 PID 제어기의 구성을 나타내는 블록도이다.
- 도 4는 일차 시스템에 대한 적분상태 예측기를 갖는 비례적분미분제어기의 일 실시예를 나타내는 도면이다.
- 도 5는 도 4의 실시 예와 일반적인 비례적분미분제어기에 따른 계단 명령에 대한 출력응답을 비교한 도면이다.
- 도 6은 도 4의 실시 예와 일반적인 비례적분미분제어기에 따른 외란에 대한 출력응답을 비교한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0019] 도 1는 본 발명의 일 실시 예에 따른 비례적분미분제어기(Proportional-Intergrate-Derivative, 이하 'PID'라 함)를 포함하는 피드백(Feed-Back) 제어 계통의 제어 시스템의 구성을 도시한 도면이다.
- [0020] 도 1에 따르면, 피드백 제어 계통의 제어 시스템은 감산기(10), 제어기(100) 및 제어 대상(20)을 포함한다.
- [0021] 감산기(10)는 제어 대상 플랜트의 기준 값(R)과 제어 대상 플랜트로부터 피드백된 출력 값(Y)을 비교하여 그 차이에 기인한 출력 오차(e)를 산출한다.
- [0022] 제어기(100)는 PID 제어기로서 구현되며 감산기(10)에서 산출된 출력 오차(e)에 따라 제어 대상(20)을 제어하는 출력값(u)을 산출하여 제어 대상(20)으로 출력한다.
- [0023] 제어 대상(20)은 제어기(100)의 제어를 받는 각종 산업용 기기가 될 수 있다. 구체적으로, 발전소의 온도, 출력 제어, 서보 전동기 제어, 공정 제어 등의 경우에 적용될 수 있다.
- [0024] 도 2는 본 발명의 이해를 돕기 위한 비례적분미분 제어기의 동작 영역을 도시한 도면이다. 구체적으로, 도 2는 $k_p e - k_i q$ 좌표계에서 선형영역과 포화영역을 나타낸다.
- [0025] 일반적인 발전소의 보일러 온도제어, 전동기의 속도제어 시스템은 내부 비례적분미분 제어 루프, 외부 비례적분미분 제어 루프 등으로 구성되는 캐스케이드(cascade) 형태로 제어된다.
- [0026] 이때, 비례적분미분 제어기의 폐환 루프 내의 일차 플랜트의 특성식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$\dot{y} = -\frac{1}{\tau}y + bu - d$$

- [0027]
- [0028] 여기서 y 는 제어 대상 변수이고, u 는 제어 수단으로 플랜트 입력을 나타내며, τ 는 시스템의 고유 시정수를 나타낸다. 그리고, d 는 외란을 나타내며, 동작 조건에 따라 천천히 변하는 변수이다.
- [0029] 이하에서는 본 발명의 이해를 돕기 위하여 초기 적분상태에 따른 비례적분미분제어기의 응답에 대해 설명하도록 한다.
- [0030] 초기 적분상태에 따른 비례적분미분제어기의 응답
- [0031] 비례적분미분 제어기의 출력은 다음과 같은 수학식 2로 표시할 수 있다.

수학식 2

$$u = k_p e + k_i q + k_d \dot{e}$$

[0032]

[0033] 여기서, k_p 는 비례 제어기의 이득이고, k_d 는 미분 제어기의 이득이고, k_i 는 적분 제어기의 이득이다. 그리고, e 는 비례적분미분 제어기의 출력오차로, $e = y^* - y$ 로 표시할 수 있다. 그리고, y^* 는 제어 명령 또는 기준값이다. 그리고, q 는 적분상태로, 다음과 같은 수학식 3으로 표시할 수 있으며, $\dot{e}$ 는 오차 동특성으로 수학식 4와 같이 표시할 수 있다.

수학식 3

$$\dot{q} = e$$

[0034]

수학식 4

$$\dot{e} = -\frac{1}{\tau}e - bu + d + \frac{1}{\tau}y^*$$

[0035]

[0036] 비례적분미분제어 시스템이 안정하면 정상상태에서 적분기의 상태 값 q_{ss} 는 상술한 수학식 2 내지 4로부터 다음의 수학식 5와 같이 계산할 수 있다.

수학식 5

$$k_i q_{ss} = \left(d + \frac{1}{\tau} y^* \right) / b$$

[0037]

[0038] 수학식 5를 참고하면, 주어진 적분 제어기의 정상상태 값은 외란(d)과 명령 등 동작 조건을 포함함을 알 수 있다.

[0039] 한편, 수학식 4 및 수학식 5를 정리하면 오차 동특성은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

$$\dot{e} = -\frac{1}{\tau}e - bu + b k_i q_{ss}$$

[0040]

[0041] 일반적인 비례적분미분제어에 의한 오차 동특성은 수학식 2, 6으로부터 다음과 같다.

수학식 7

$$(1+bk_d)\dot{e}=-\left(\frac{1}{\tau}+bk_p\right)e+bk_i(q_{ss}-q)$$

[0042]

[0043] 그리고, 수학식 3 및 수학식 7을 라플라스 변환하여 오차에 대한 전달함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 8

$$E(s)=\frac{s}{s^2+\left\{\frac{1/\tau+bk_p}{1+bk_d}\right\}s+\frac{bk_i}{1+bk_d}}e(0)+\frac{bk_i/(1+bk_d)}{s^2+\left\{\frac{1/\tau+bk_p}{1+bk_d}\right\}s+\frac{bk_i}{1+bk_d}}[sQ_{ss}(s)-q(0)]$$

[0044]

[0045] 한편, 외란과 명령 값이 일정하면 적분상태의 정상상태값은 일정하므로 오차의 전달함수를 다음과 같다.

수학식 9

$$E(s)=\frac{s}{s^2+\left\{\frac{1/\tau+bk_p}{1+bk_d}\right\}s+\frac{bk_i}{1+bk_d}}e(0)+\frac{bk_i/(1+bk_d)}{s^2+\left\{\frac{1/\tau+bk_p}{1+bk_d}\right\}s+\frac{bk_i}{1+bk_d}}[q_{ss}-q(0)]$$

[0046]

[0047] 수학식 9를 참고하면, 오른쪽 항의 첫번째 항은 출력의 계단 명령에 의한 오차 응답으로 안정도 및 응답 성능은 기본적으로 비례적분미분 제어기의 이득에 의해 결정됨을 알 수 있다.

[0048] 또한, 수학식 9의 두번째 항에서처럼 오차 응답의 궤적은 제어기 이득 외에 적분상태의 초기값과 정상상태의 값의 차이에 의해서도 영향을 받음을 알 수 있다.

[0049] 적분기의 정상상태값은 수학식 5에서처럼 명령과 외란 등의 동작조건을 의미한다.

[0050] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 적분상태 예측기를 갖는 비례적분미분제어기를 나타낸다.

[0051] 도 3을 참고하면, 본 실시예에 따른 비례적분미분 제어기(100)는 비례 제어기(110), 미분 제어기(120, 125), 적분 제어기(130, 135), 적분 상태 예측기(140), 스위치 검 비교기(150), 감산기(145, 155, 165), 플랜트(20), 적분상태 초기화 루프(173) 및, 저역통과필터(175)를 포함할 수 있다.

[0052] 비례 제어기(110)는 플랜트(20)의 기준값(y^*)과 출력값(y)의 오차(e)에 대한 비례 연산을 수행할 수 있다.

[0053] 미분 제어기(120, 125)는 플랜트(20)의 기준값(y^*)과 출력값(y)의 오차(e)에 대한 미분 연산을 수행할 수 있다.

[0054] 스위치(150)는 비교기(150)에 따라 적분 제어기(130, 135)에 입력 상태를 변환할 수 있다. 구체적으로, 비교기(150)의 판단 결과, 출력 오차가 기설정된 오차 범위 내에 있는 경우 적분상태 예측기(140)에서 예측된 정상상태 값을 초기값으로 선택하고, 출력 오차를 적분 제어기(130, 135)의 입력값으로 선택할 수 있다.

[0055] 적분 제어기(130, 135)는 입력되는 값에 대한 적분 연산을 수행할 수 있다. 구체적으로, 적분 제어기(130, 135)는 출력 오차가 기설정된 오차 범위 내에 있지 않은 경우 적분상태 예측기(140)에서 예측된 정상상태 값에 대한 적분 연산을 수행하고, 출력 오차가 기설정된 오차 범위 내에 있는 경우 출력 오차에 대한 적분 연산을 수행할 수 있다.

[0056] 플랜트(20)는 제어 대상이 되는 목표료, 발열체, 모터 등의 구성일 수 있다.

[0057] 비교기(150)는 출력 오차가 기설정된 오차 범위 내에 있는지 여부를 판단한다. 구체적으로, 비교기(150)는 출력 오차가 기설정된 오차 범위 내에 있지 않은 경우 적분상태 예측기(140)에서 예측된 정상상태 값을 적분 제어기

(135, 140)의 출력값으로 선택하고, 출력 오차가 기설정된 오차 범위 내에 있는 경우 출력 오차를 적분 제어기(130, 135)의 입력값으로 선택하도록 할 수 있다.

[0058] 적분상태 초기화 루프(173)는 비교기(150)의 판단 결과, 출력 오차가 기설정된 오차 범위 내에 있지 않은 경우 (과도 상태에 있는 경우) 적분상태 예측기(140)에서 예측된 정상상태 값을 적분 제어기(130, 135)의 출력으로 제공할 수 있다.

[0059] 또한, 적분상태 초기화 루프(173)는 예측된 적분 제어기(130, 135)의 정상상태에서의 적분상태를 이용하여, 적분 제어기(135, 140)의 초기 상태가 선형영역의 적분상태 값이 되도록 한다. 구체적으로, 적분상태 초기화 루프(173)는 적분 제어기(135, 140)의 출력값을 입력받아, 적분 제어기(130, 135)에 대한 루프를 형성하고, 적분상태 예측기(140)에서 예측된 적분 제어기(130, 135)의 정상상태에서의 적분상태를 기초로 적분 제어기(130, 135)의 초기 상태가 선형영역의 적분상태 값이 되도록 할 수 있다.

[0060] 적분상태 초기화 루프(173)는 저역 통과필터(175)를 포함하여 구현될 수 있다.

[0061] 상술한 바와 같이 적분 제어기(130, 135)의 정상상태의 값 q_{ss} 를 예측하여 어떤 시점에서 적분기의 초기 값 $q(0)$ 으로 설정하면 적분상태의 초기 오차에 의한 영향을 최소화하여 외란 또는 부하 등 동작조건에 관계없이 유사한 오차 응답특성을 얻을 수 있다.

[0062] 구체적으로, 출력 오차의 크기에 따라 적분 상태 q 를 다음 수학적식 10과 같이 다르게 제어한다.

수학적식 10

$$\dot{q} = \begin{cases} e & \text{if } |e| \leq E_b \\ \omega_i (\hat{q}_{ss} - q) & \text{if } |e| > E_b \end{cases}$$

[0063]

[0064] 여기서 E_b 는 작은 값의 오차범위를 나타내는 양의 상수이다. 출력 오차가 E_b 보다 큰 경우 적분 제어기(135, 140)의 정상상태 값을 예측하는 적분상태 예측기(140)의 출력을 비례적분미분제어기의 적분 제어기(130, 135)의 값으로 인가하여 적분기의 값이 예측한 정상상태 값 $\hat{q}_{ss}$ 와 같게 한다.

[0065] 출력 오차가 E_b 이내로 진입하면 적분 제어기(130, 135)는 예측한 정상상태 값 $\hat{q}_{ss}$ 을 적분 제어기의 초기값 $q(0)$ 로 시작하여 출력 오차를 적분하여, 정상상태 오차를 최소화한다.

[0066] 한편, 적분상태 예측기(140)에서 발생할 수 있는 잡음을 줄이고 초기값의 급격한 변화를 방지하기 위해 수학적식 10에서 저역통과필터를 사용할 수 있다. 이 때 적분 상태 초기화 동특성은 다음과 같다.

수학적식 11

$$\frac{q(s)}{\hat{q}_{ss}(s)} = \frac{1}{s/k_i \omega_i + 1}$$

[0067]

[0068] 정상상태 적분 제어기(130, 135)의 초기상태 인가 시간을 파라미터 ω_i 를 통해 적절히 조절할 수 있다.

[0069] 도 4는 일차 시스템에 대한 적분상태 예측기를 갖는 비례적분미분제어기의 일 실시예를 나타내는 도면이다.

[0070] 적분 제어기(130, 135)의 정상상태 값은 수학적식 6으로부터 다음과 같이 예측할 수 있다.

수학식 12

$$\hat{K}Q_{ss} = \frac{1}{b}e + \frac{1}{\tau}eI + u$$

[0071]

[0072]

[0073]

[0074]

[0075]

[0076]

[0077]

[0078]

[0079]

[0080]

[0081]

[0082]

[0083]

[0084]

[0085]

[0086]

[0087]

[0088]

[0089]

[0090]

도 5a는 도 4의 실시 예와 일반적인 비례적분미분제어기에 따른 계단 명령에 대한 출력응답을 비교한 도면이다.

여기서 외란을 영, 양의 값, 음의 값의 세 경우에 대해 비교했으며, 오차범위 의 값을 명령 값의 5 [%]로 설정하였고, 저역통과필터의 시정수 w_i 는 출력 정착시간의 20 [%]가 되도록 선정하였다. 일반 비례적분미분제어기의 경우 외란의 크기에 따라 오버슈트의 크기가 다를 수 있다.

이는 수학식 9의 두 번째 항인 적분 제어기의 정상상태의 초기 값의 차이에 의해 발생된다. 적분상태 예측기를 갖는 비례적분미분제어기의 경우 외란의 크기에 관계없이 거의 일정한 출력 응답을 나타낼 수 있다.

도 5b는 도 4의 실시 예와 일반적인 비례적분미분제어기에 따른 적분 상태 응답을 나타내는 도면이다.

도 5b의 적분 상태 응답을 보면 초기 과도상태에서 적분상태 예측기에 의해 적분 제어기 값이 거의 정상상태의 값으로 유지되고 있다가 오차가 오차범위 내로 진입하면 일반적인 비례적분미분제어기로 동작하여 적분 제어기가 정상상태로 도달한다.

도 5c는 도 4의 실시 예와 일반적인 비례적분미분제어기에 따른 제어 입력을 나타내는 도면이다.

도 6a는 도 4의 실시 예와 일반적인 비례적분미분제어기에 따른 외란에 대한 출력응답을 비교한 도면이다.

여기서 외란을 0.05초에 무부하인 영에서 양의 값인 d1과 2*d1으로 계단 형태로 변환된 경우에 대해 비교했으며, 오차범위 의 값을 명령 값의 5 [%]로 설정하였고, 저역통과필터의 시정수 는 출력 정착시간의 20 [%]가 되도록 선정하였다.

일반적인 비례적분미분제어기의 경우 외란의 크기에 따라 명령 값으로부터 크게 벗어남을 알 수 있다. 한편 적분상태 예측기를 갖는 비례적분미분제어기의 출력은 일반적인 비례적분미분제어기의 출력보다 작게 벗어남을 알 수 있다.

도 6b는 도 4의 실시 예와 일반적인 비례적분미분제어기에 따른 적분 상태 응답을 나타내는 도면이다.

도 6b의 적분 상태 응답을 보면 오차가 오차 범위를 벗어나면 적분상태 예측기에 의한 적분기의 정상상태 값이 적분기에 인가되어 오차가 더 커지는 것을 방해하고, 다시 오차가 오차범위 내에 진입하면 일반적인 비례적분미분제어기로 동작하여 정상상태 오차를 제거한다. 따라서 발명의 비례적분미분제어기에 의해 일반적인 비례적분미분제어기보다 외란에 의한 최대 출력 오차와 정착시간을 상당히 줄일 수 있음을 알 수 있다.

도 6c는 도 4의 실시 예와 일반적인 비례적분미분제어기에 따른 제어 입력을 비교하는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 비례적분미분 제어기의 제어 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 7에 도시된 제어 방법에 따르면, 제어 대상 플랜트의 기준 값과 출력 값의 차이에 기인한 출력 오차가 입력되면(S710), 출력 오차에 대해 비례 연산(S720) 및 미분 연산(S730)이 수행된다.

또한, 출력 오차가 기설정된 오차 범위 내인지 판단한다(S740).

출력 오차가 기설정된 오차 범위 내인 경우(S740:Y), 출력 오차에 대해 적분 연산을 수행한다(S750). 이 경우 기 산출된 적분 제어기의 정상 상태값을 초기값으로 하여 출력 오차에 대한 적분 연산을 수행할 수 있다.

출력 오차가 기설정된 오차 범위 내가 아닌 경우(S740:N), 기 산출된 적분 제어기의 정상 상태값을 적분 제어기의 출력으로 제공한다(S760). 이 경우 적분상태 초기화 루프가 이용될 수 있다.

이어서, 각각의 단계에서 산출된 P값, D값, I값을 가산하여 출력값(U)을 생성하고(S770), 생성된 출력값(U)을 출력한다

상술한 바와 같이 본 발명에 따르면, 출력과 목표의 차이인 오차의 값이 주어진 양 및 음의 오차 범위 밖에 있

는 경우 적분 제어기의 정상상태 값을 예측하고 적분 제어기는 예측한 값에 의해 제어된다. 또한, 오차가 주어진 오차 범위에 진입하면 앞서 예측한 적분 제어기의 정상상태 값을 적분기의 초기 값으로 설정하여 일반 비례 적분제어기로 동작하게 된다. 이에 따라 목표 값과 외란의 크기에 관계없이 일정한 응답을 얻을 수 있고, 또한 제어 입력에 제한이 없으면 정착시간 및 오버슈트 등의 일정한 성능을 얻을 수 있게 된다.

[0091] 또한, 적분상태 관측기에 의해 외란, 부하 등 동작조건에 무관하게 거의 일정한 응답을 보이므로 제어기 설계가 매우 편리하고, 동작조건에 대한 제어 성능 사양을 쉽게 만족시킬 수 있다.

[0092] 또한, 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전방으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안 될 것이다.

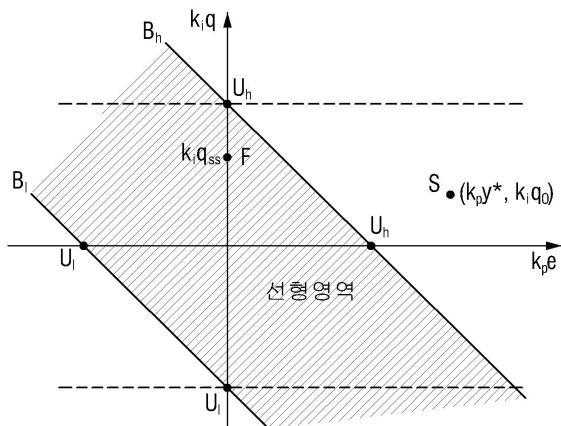
부호의 설명

[0093]

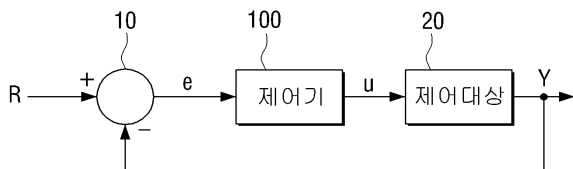
110: 비례 제어기	120, 125: 미분 제어기
130, 135: 적분 제어기	140: 적분 상태 예측기
150: 스위치 겸 비교기	145, 155, 165: 감산기
173: 적분상태 초기화 루프	175: 저역 통과 필터

도면

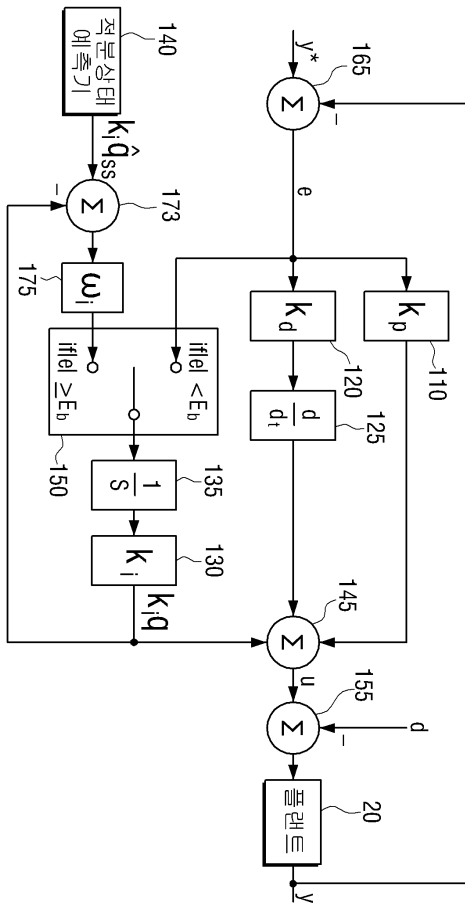
도면1



도면2

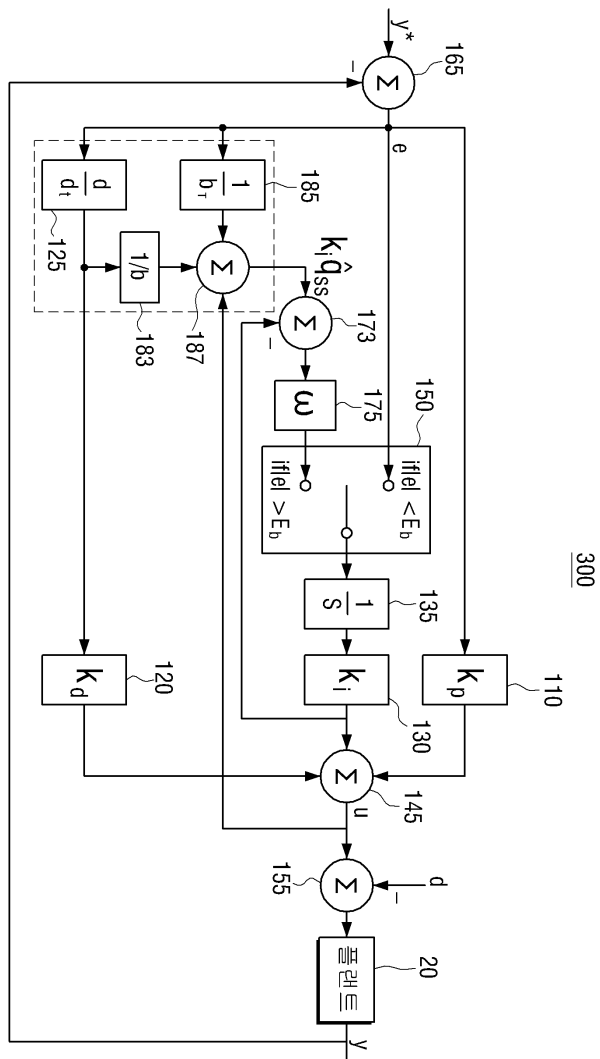


도면3

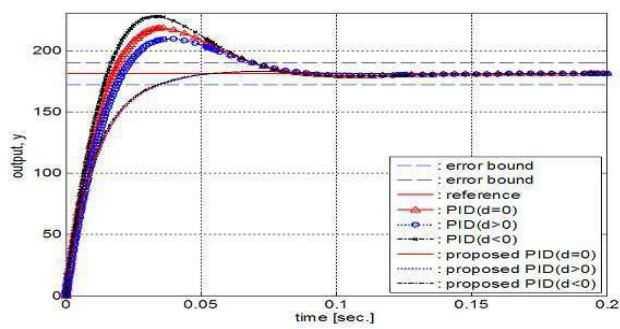


200

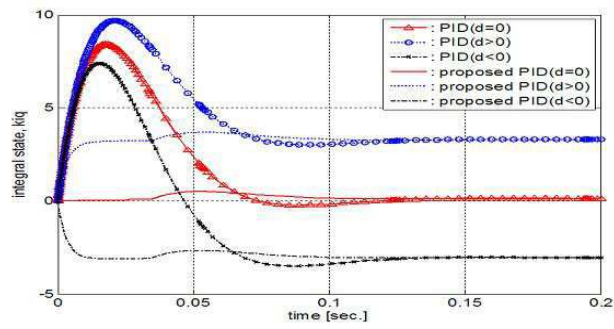
도면4



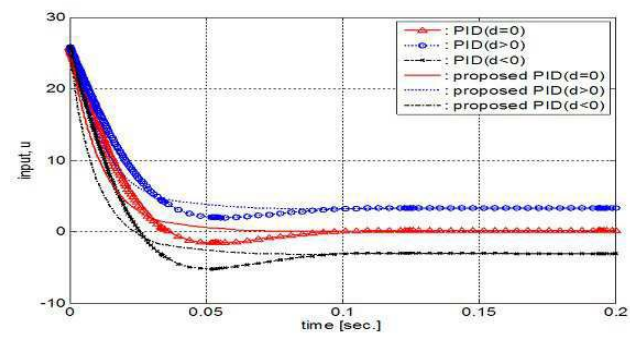
도면5a



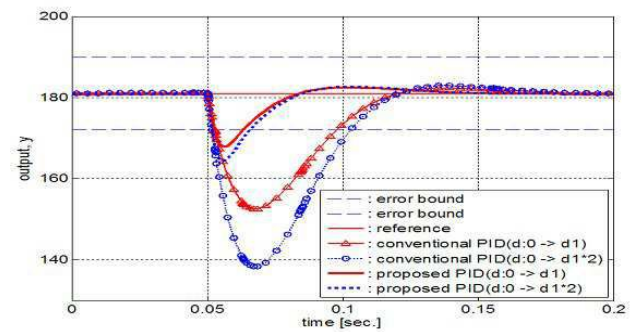
도면5b



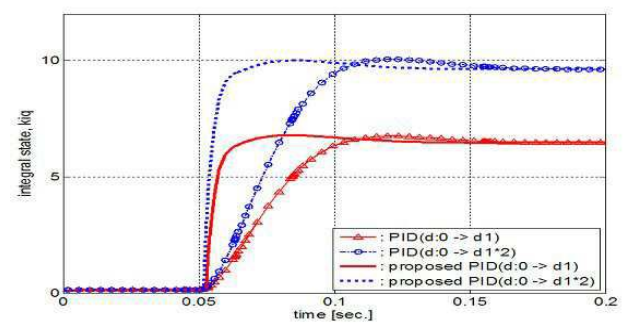
도면5c



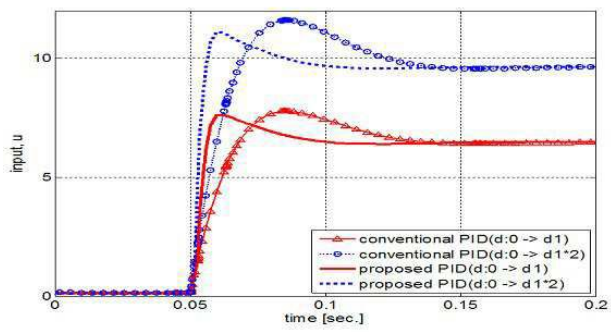
도면6a



도면6b



도면6c



도면7

