



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0074494
(43) 공개일자 2019년06월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B25J 9/16 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B25J 9/1612 (2013.01)

B25J 9/1633 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0175895

(22) 출원일자 2017년12월20일

심사청구일자 2017년12월20일

(71) 출원인

한국기술교육대학교 산학협력단

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)

(72) 발명자

임경화

충남 천안시 동남구 터미널 9 길 59 204 동 1201호 (대림한들아파트)

문성배

충청남도 천안시 서북구 공원로 120, 107동 201호 (중흥프라디움2차)

(74) 대리인

장수현

전체 청구항 수 : 총 8 항

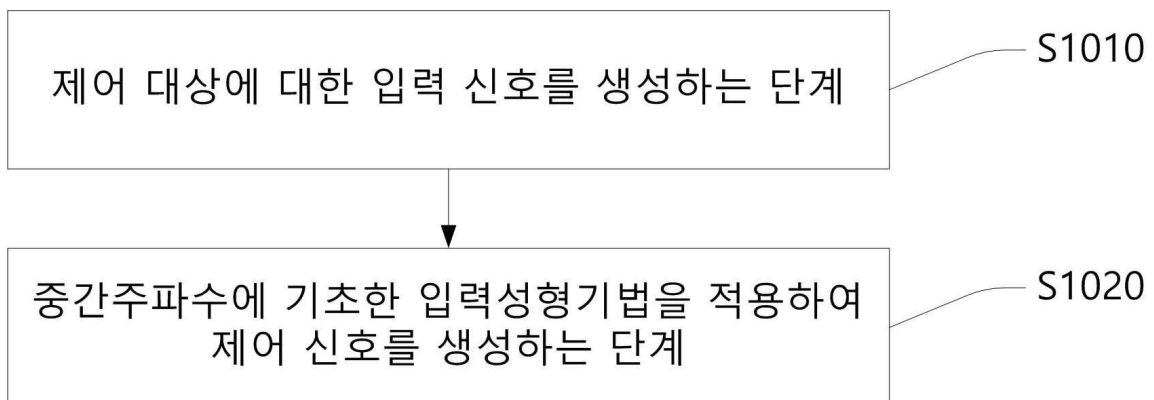
(54) 발명의 명칭 운전 조건에 따라 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 방법 및 장치

(57) 요약

운전 조건에 따라 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 방법 및 장치가 제공된다. 운전 조건에 따라 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 다중모드 입력성형기법이 아닌 단일모드 입력성형기법을 적용하여 생성한 제어 신호로 제어한다. 단일모드 입력성형기법은 중간주파수에 기초하여 적용된다.

다중모드 입력성형기법에 비해 임펄스의 수가 적은 단일모드 입력성형방식을 적용하여 제어함으로써, 응답속도가 빠르면서도 강인성 조건을 충족시킬 수 있다.

대표도 - 도10



(52) CPC특허분류
B25J 9/1656 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

운전 조건에 따라 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 신호를 생성하는 방법으로서,

(a) 제어 대상에 대한 동작 명령에 기초하여 입력 신호를 생성하는 단계; 및,

(b) 상기 단계 (a)에서 생성된 상기 입력 신호에 대하여, 중간주파수를 기준으로 입력성형기법을 적용하여 제어 신호를 생성하는 단계

를 포함하되,

고유진동수가 서로 다른 운전 조건 하의 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 신호가 동일한 중간주파수를 기준으로 동일한 입력성형기법을 적용하여 생성되는

고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 신호를 생성하는 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 중간주파수는 제어 대상의 제1 운전 조건에서의 제1 고유진동수에 대한 상기 입력성형기법의 민감도 곡선과 제어 대상의 제2 운전 조건에서의 제2 고유진동수에 대한 상기 입력성형기법의 민감도 곡선의 교차점에 해당하는 주파수로 결정되는

것을 특징으로 하는 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 신호를 생성하는 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 중간주파수는 제어 대상의 제1 운전 조건에서의 제1 고유진동수와 제어 대상의 제2 운전 조건에서의 제2 고유진동수의 산술평균으로 결정되는

것을 특징으로 하는 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 신호를 생성하는 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 제어 대상의 동작은 디스플레이 패널을 이송하는 로봇의 로봇 핸드의 동작이고,

상기 중간주파수는 디스플레이 패널이 놓인 상태에서의 상기 로봇 핸드의 고유진동수와 디스플레이 패널이 놓이지 않은 상태에서의 상기 로봇 핸드의 고유진동수 사이의 값으로 결정되는

것을 특징으로 하는 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 신호를 생성하는 방법.

청구항 5

운전 조건에 따라 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어장치로서,

(a) 제어 대상에 대한 동작 명령에 기초하여 입력 신호를 생성시키는 입력 신호 생성부; 및,

(b) 상기 단계 (a)에서 생성된 입력 신호를 제공받고, 상기 입력 신호에 중간주파수를 기준으로 입력성형기법을

적용하여 제어 신호를 생성시키는 입력성형부;

를 포함하되,

상기 입력성형부는 고유진동수가 서로 다른 운전 조건 하의 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 신호를 동일한 중간주파수를 기준으로 동일한 입력성형기법을 적용하여 생성시키는

고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어장치.

청구항 6

적어도 하나의 프로세서; 및

컴퓨터로 실행가능한 명령을 저장하는 적어도 하나의 메모리

를 포함하되,

상기 적어도 하나의 메모리에 저장된 상기 컴퓨터로 실행가능한 명령은, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의하여,

(a) 제어 대상에 대한 동작 명령에 기초하여 입력 신호를 생성시키는 명령; 및,

(b) 상기 명령 (a)에 의해 생성된 입력 신호에 대하여, 중간주파수를 기준으로 입력성형기법을 적용하여 제어 신호를 생성시키는 명령;

이 수행되도록 하고,

고유진동수가 서로 다른 운전 조건 하의 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 신호가 동일한 중간주파수를 기준으로 동일한 입력성형기법을 적용하여 생성되는

고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어장치.

청구항 7

운전 조건에 따라 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 방법으로서,

(a) 중간주파수-상기 중간주파수는 제1 운전 조건에서의 제어 대상의 제1 고유진동수와 제2 운전 조건에서의 제어 대상의 제2 고유진동수의 사이의 값임-를 기초로 입력성형기법이 적용된 제어 신호를 생성시키는 단계;

(b) 상기 제1 운전 조건에서의 제어 대상의 동작을 상기 단계 (a)에서 생성된 제어 신호에 기초하여 제어하는 단계; 및,

(c) 상기 제2 운전 조건에서의 제어 대상의 동작을 상기 단계 (a)에서 생성된 제어 신호에 기초하여 제어하는 단계

를 포함하는 운전 조건에 따라 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 방법.

청구항 8

비일시적 저장 매체에 저장되며, 프로세서에 의하여 실행되면,

(a) 제어 대상에 대한 동작 명령에 기초하여 입력 신호를 생성시키는 명령; 및,

(b) 상기 명령 (a)에 의해 생성된 입력 신호에 대하여, 중간주파수를 기준으로 입력성형기법을 적용하여 제어 신호를 생성시키는 명령;

이 수행되도록 하고,

고유진동수가 서로 다른 운전 조건 하의 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 신호가 동일한 중간주파수를 기준으로 동일한 입력성형기법을 적용하여 생성되도록 하는

컴퓨터 프로그램 제품.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 운전 조건에 따라 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 방법 및 장치에 관한 것으로서, 더 구체적으로는, 디스플레이 패널을 이송하는 로봇의 로봇 핸드와 같이, 운전 조건(디스플레이 패널이 로봇 핸드 상에 놓여있는지 여부)에 따라 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 입력성형기법을 적용하여 생성한 제어 신호로 제어하는 제어 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 최근 유리기판이 대형화됨에 따라, 디스플레이 반송로봇의 반송동작 중 발생하는 잔류진동으로 인하여 유리기판이 파손되는 문제가 많이 발생하고 있다. 이를 최소화하기 위해 산업현장에서 로봇 속도를 허용최대속도의 80% 내외 수준으로 감소시켜 운영하기도 하고, 로봇의 구분 동작마다 진동이 멈출 때까지 안정화 시간을 적용하여 해결하지만, 이로 인해 제조생산성이 떨어지는 문제점이 발생한다.
- [0003] 잔류진동을 저감하기 위한 입력성형제어기법으로서, 1990년대에 입력성형기법이 개발되었다. 입력성형기법의 원리는 시스템의 입출력 특성에 근거하여 입력을 여러 단계로 나눔으로써 자체 입력에 의한 진동상쇄 효과를 얻도록 하는 방법이다. 예를 들어, 도 1(a)에 도시된 바와 같이, 고유진동수가 1Hz인 시스템에 임펄스 A1 크기의 입력을 인가한 이후, 고유주기의 절반인 0.5초 시점에 A2 크기의 임펄스를 인가하여 두 임펄스에 대한 입력이 서로 중첩되어 잔류진동이 사라지게 하는 방법이다. 입력성형기법에는 다양한 방식들이 존재하는데, 대표적으로 임펄스 2개로 잔류진동을 제어하는 ZV(Zero Vibration) 입력성형기법이 있으며, 이러한 ZV 입력성형기법에 미분 조건을 추가하여 임펄스 3개로 제어하는 ZVD (Zero Vibration Derivative) 입력성형기법, 임펄스 4개로 제어하는 ZVDD(Zero Vibration Derivative Derivative) 입력성형기법 등이 있다. 도 1(b) 및 도 1(c)로부터 알 수 있듯이, 미분 조건을 추가하여 임펄스 열을 늘릴수록 시스템 오차에 대해 강인하게 잔류진동을 제어할 수 있으나 임펄스 열 증가로 인한 정착시간(Settling Time)은 느려지는 단점을 가지고 있다.
- [0004] 전술한 입력성형기법은 1자유도계 동적시스템인 경우에 대해서 잔류진동을 제어하는 방식이다. 고유진동수가 2개 이상인 다자유도계 시스템의 경우 각각의 고유진동수에 대해 따로 임펄스 열을 계산하여 계산된 임펄스 열을 컨볼루션 적분한다. 이것을 입력과 다시 컨볼루션하여 성형된 입력을 시스템에 인가하여 잔류진동을 제어하는 방법을 다중모드 입력성형기법이라 한다. 도 2에는 이러한 다중모드 입력성형기법이 개략적으로 도시되어 있다. 디스플레이 반송로봇과 같이 로봇 핸드와 유리기판을 탑재하고 있는 경우와 없는 경우의 고유진동수가 달라지는 경우, 종래에는 이러한 다중모드 입력성형기법을 적용하여 왔다. 그러나, 시스템에 임펄스가 모두 적용되어야 정상상태가 되므로, 다중모드 입력성형기법에 의하여 증가되는 임펄스 열에 의하여 정착시간이 지연되는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) US 4916635 B
(특허문헌 0002) US 8235229 B
(특허문헌 0003) JP 5388956 B
(특허문헌 0004) JP 5762166 B
(특허문헌 0005) JP 5932578 B

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 디스플레이 로봇의 로봇 핸드와 같이 운전 조건에 따라 고유진동수가 달라지는 제어 대상에 대하여, 종래보다

임펄스 열의 수가 적은 입력성형방식을 적용하여 응답속도가 빠르면서도 강인성 조건을 충족시키는 제어 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명의 일 형태에 따라, 운전 조건에 따라 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 신호를 생성하는 방법으로서, (a) 제어 대상에 대한 동작 명령에 기초하여 입력 신호를 생성하는 단계; 및, (b) 상기 단계 (a)에서 생성된 상기 입력 신호에 대하여, 중간주파수를 기준으로 입력성형기법을 적용하여 제어 신호를 생성하는 단계를 포함하되, 고유진동수가 서로 다른 운전 조건 하의 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 신호가 동일한 중간주파수를 기준으로 동일한 입력성형기법을 적용하여 생성되는 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 신호를 생성하는 방법이 제공된다.
- [0008] 상기 중간주파수는 제어 대상의 제1 운전 조건에서의 제1 고유진동수에 대한 상기 입력성형기법의 민감도 곡선과 제어 대상의 제2 운전 조건에서의 제2 고유진동수에 대한 상기 입력성형기법의 민감도 곡선의 교차점에 해당하는 주파수로 결정될 수 있다.
- [0009] 상기 중간주파수는 제어 대상의 제1 운전 조건에서의 제1 고유진동수와 제어 대상의 제2 운전 조건에서의 제2 고유진동수의 산술평균으로 결정될 수 있다.
- [0010] 상기 제어 대상의 동작은 디스플레이 패널을 이송하는 로봇의 로봇 핸드의 동작이고, 상기 중간주파수는 디스플레이 패널이 놓인 상태에서의 상기 로봇 핸드의 고유진동수와 디스플레이 패널이 놓이지 않은 상태에서의 상기 로봇 핸드의 고유진동수 사이의 값으로 결정될 수 있다.
- [0011] 본 발명의 다른 형태에 따라, 운전 조건에 따라 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 장치로서, (a) 제어 대상에 대한 동작 명령에 기초하여 입력 신호를 생성시키는 입력 신호 생성부; 및, (b) 상기 단계 (a)에서 생성된 입력 신호를 제공받고, 상기 입력 신호에 중간주파수를 기준으로 입력성형기법을 적용하여 제어 신호를 생성시키는 입력성형부를 포함하되, 상기 입력성형부는 고유진동수가 서로 다른 운전 조건 하의 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 신호를 동일한 중간주파수를 기준으로 동일한 입력성형기법을 적용하여 생성시키는 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어장치가 제공된다.
- [0012] 본 발명의 또다른 형태에 따라, 적어도 하나의 프로세서; 및, 컴퓨터로 실행가능한 명령을 저장하는 적어도 하나의 메모리를 포함하되, 상기 적어도 하나의 메모리에 저장된 상기 컴퓨터로 실행가능한 명령은, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의하여, (a) 제어 대상에 대한 동작 명령에 기초하여 입력 신호를 생성시키는 명령; 및, (b) 상기 명령 (a)에 의해 생성된 입력 신호에 대하여, 중간주파수를 기준으로 입력성형기법을 적용하여 제어 신호를 생성시키는 명령이 수행되도록 하고, 고유진동수가 서로 다른 운전 조건 하의 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 신호가 동일한 중간주파수를 기준으로 동일한 입력성형기법을 적용하여 생성되는 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어장치가 제공된다.
- [0013] 본 발명의 또다른 형태에 따라, 운전 조건에 따라 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 방법으로서, (a) 중간주파수-상기 중간주파수는 제1 운전 조건에서의 제어 대상의 제1 고유진동수와 제2 운전 조건에서의 제어 대상의 제2 고유진동수의 사이의 값임-를 기초로 입력성형기법이 적용된 제어 신호를 생성시키는 단계; (b) 상기 제1 운전 조건에서의 제어 대상의 동작을 상기 단계 (a)에서 생성된 제어 신호에 기초하여 제어하는 단계; 및, (c) 상기 제2 운전 조건에서의 제어 대상의 동작을 상기 단계 (a)에서 생성된 제어 신호에 기초하여 제어하는 단계를 포함하는 운전 조건에 따라 고유진동수가 변화하는 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 방법이 제공된다.
- [0014] 본 발명의 또다른 형태에 따라, 비일시적 저장 매체에 저장되며, 프로세서에 의하여 실행되면, (a) 제어 대상에 대한 동작 명령에 기초하여 입력 신호를 생성시키는 명령; 및, (b) 상기 명령 (a)에 의해 생성된 입력 신호에 대하여, 중간주파수를 기준으로 입력성형기법을 적용하여 제어 신호를 생성시키는 명령이 수행되도록 하고, 고유진동수가 서로 다른 운전 조건 하의 제어 대상의 동작을 제어하기 위한 제어 신호가 동일한 중간주파수를 기준으로 동일한 입력성형기법을 적용하여 생성되도록 하는 컴퓨터 프로그램 제품이 제공된다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명에 따라, 운전 조건에 따라 고유진동수가 달라지는 제어 대상의 동작을 종래보다 임펄스 열의 수가 적은 입력성형방식을 적용하여 제어함으로써, 응답속도가 빠르면서도 강인성 조건을 충족시키는 제어 방법 및 장치가

제공된다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1(a) 내지 도 1(c)는 입력성형기법을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 다중모드 입력성형기법을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 8세대 디스플레이 패널 반송로봇의 응답특성을 파악하는 과정을 도시한다.

도 4(a) 및 도 4(b)는 도 3에 도시된 디스플레이 패널 반송로봇의 로봇 핸드들 수치해석 하기 위한 모델 및 고유진동수 해석결과를 나타내는 도면이다.

도 5(a) 내지 도 5(c)는 도 4에 도시된 로봇 핸드 모델에 대하여 다양한 다중모드 입력성형기법을 적용한 경우의 응답특성을 도시한 도면이다.

도 6(a) 내지 도 6(c)는 각각 도 5(a) 내지 도 5(c)에 도시된 시스템의 민감도 특성을 나타내는 도면이다.

도 7(a) 내지 도 7(c)는 도 6(b)에 도시된 시스템에 각각 다른 주파수에 기초한 단일모드 입력성형기법을 적용했을 때의 응답특성을 나타낸다.

도 8은 디스플레이 반송로봇의 유리기관 유/무에 따른 잔류진동 제어 결과를 다중모드 입력성형기법과 본 발명에서 제안한 중간주파수를 활용한 응답특성을 비교하여 나타내는 도면이다.

도 9는 본 발명에 따른 중간주파수에 기초하는 입력성형기법에서 이용되는 파라미터를 결정하는 과정을 나타내는 도면이다.

도 10은 도 9의 과정을 통하여 결정된 파라미터를 이용하여 제어 대상을 제어하기 위한 제어 신호를 생성하는 과정을 나타내는 도면이다.

도 11은 본 발명에 따른 중간주파수에 기초하는 입력성형기법을 구현하기 위한 제어 장치의 일예를 나타내는 도면이다.

도 12는 본 발명에 따른 중간주파수에 기초하는 입력성형기법을 구현하기 위한 제어 장치의 다른 예를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 이하의 설명에서는 구체적인 사항들이 나타나 있는데 이는 본 발명의 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐 이러한 사항들이 본 발명의 범위 내에서 소정의 변형이나 혹은 변경이 이루어질 수 있음은 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에 그 상세한 설명을 생략한다. 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조 번호들은 원칙적으로 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[0019] 본 명세서에서는 본 발명을 설명하기 위한 제어 대상으로 도 3에 개략적으로 도시된 8세대 디스플레이 반송 로봇 시스템(300)을 이용하였다. 제어 대상인 로봇 핸드는 본체에 핑거가 5개 고정된 외팔보 형태를 가지고 있고, 유리기관은 핑거에 뚫려 있는 진공구멍에 의해 고정된다. 디스플레이 반송로봇의 로봇 핸드 위에 센서를 부착하여 유리기관을 보유하고 있는 경우와 없는 경우의 고유진동수를 측정한다. 일반적으로 현장의 관리 기준은 최대 오버슈트가 5%를 넘지 않는 범위에서 가장 빠른 정착시간을 갖도록 반송로봇의 상태를 유지, 관리한다.

[0020] 8세대 디스플레이 분야에서는 유리기관의 원가 절감과 얇은 디자인의 제품을 생산하기 위해 유리기관의 두께가 지속적으로 감소되고 있다. 현재는 0.5T 및 0.7T 두 종류의 유리기관이 적용되어 있다. 본 명세서에서는 로봇 핸드에서 유리기관이 없는 경우와 두께 0.7T 유리기관이 로봇 핸드에 장착되었을 경우를 제어 대상으로 하였다.

[0022] 도 4(a) 및 도 4(b)에는 전술한 로봇 핸드들 유연성의 특성만을 고려하여 1자유도계 모델(410)로 단순화하고 잔류진동 특성을 분석한 결과가 도시되어 있다. 디스플레이 반송 로봇의 핸드 고유진동수를 해석하기 위하여 유한

요소기법의 상용패키지인 ANSYS프로그램을 이용하였다. 디스플레이 반송 로봇에 유리기판을 보유하고 있는 상태와 보유하지 않은 상태의 고유진동수를 ANSYS를 통해 해석한 결과가 도 4에 도시되어 있다. 유리기판을 보유한 경우는 고유진동수가 약 2.93Hz, 유리기판이 없는 경우는 고유진동수가 약 3.87Hz로 계산되어, 유리기판의 유/무에 따라 고유진동수가 약 25% 차이가 발생하는 것으로 해석된다.

[0023] 전술한 수치해석프로그램의 해석 결과를 바탕으로 2개의 고유진동수를 다중모드 입력성형기법을 통해 제어했을 때 응답 특성이 도 5(a) 내지 도 5(c)에 도시되어 있다. 도 5(a)에 도시된 응답 특성은 2개의 고유진동수 각각에 대하여 ZV 입력성형기법을 적용한 경우이며, 도 5(b)에 도시된 응답 특성은 각 고유진동수에 대하여 ZVD 입력성형기법을 적용한 경우이고, 도 5(c)에 도시된 응답 특성은 각 고유진동수에 대하여 ZVDD 입력성형기법을 적용한 경우이다. 각 경우의 임펄스 개수와 응답 특성을 대비하여 나타내면 표 1과 같다:

표 1

입력성형기	임펄스 개수	오버슈트 (%)	정착시간 (sec)
ZV-ZV	4	2.55	0.28
ZVD-ZVD	9	0.6	0.54
ZVDD-ZVDD	16	0.14	0.71

[0027] 도 5 및 표 1로부터 알 수 있듯이, 임펄스 열이 늘어날수록 오버슈트가 감소하여 시스템을 안정적으로 잔류진동을 제어할 수 있으나, 늘어난 임펄스 열이 모두 도달하여야 시스템이 목표값에 도달하므로 정착시간이 지연된다.

[0029] 전술한 각 입력성형기법에 대하여, 디스플레이 반송로봇의 로봇 핸드에 유리기판을 보유하고 있는 경우와 없는 경우, 고유진동수의 오차에 대한 민감도 특성을 확인하면 도 6(a) 내지 도 6(c)와 같다. 각 도면에서, 유리기판을 보유한 경우의 민감도 곡선(610a, 610b, 610c)이 유리기판을 보유라고 있지 않은 경우의 민감도 곡선(620a, 620b, 620c)과 특정 주파수(600a, 600b, 600c)에서 교차하는 것으로 나타난다. 도 6(a)에서의 교차점(600a)은 오버슈트가 5%를 넘지만, 도 6(b) 및 도 6(c)에서 두 민감도 곡선이 교차하는 주파수(600b, 600c)는 오버슈트가 5%를 넘지 않는 것으로 확인된다.

[0030] 이 중에서 도 6(b)에 도시된 시스템에 대하여 서로 다른 주파수를 기초로 단일모드 입력성형기법(임펄스 열 3개)을 적용한 응답특성을 시뮬레이션한 결과가 도 7(a) 내지 도 7(c)에 도시되어 있다. 도 7(a)는 로봇 핸드에 유리기판이 탑재되지 않았을 때의 고유진동수(610b)에 기초하여 단일모드 입력성형기법을 적용한 경우의 응답특성을 나타내며, 도 7(b)는 로봇 핸드에 유리기판이 탑재되었을 때의 고유진동수(620b)에 기초하여 단일모드 입력성형기법을 적용한 경우의 응답특성을 나타내고, 도 7(c)는 두 민감도 곡선이 교차하는 주파수(600b)(이하, "중간주파수"라고 함)에 기초하여 단일모드 입력성형기법을 적용한 응답특성을 나타낸다.

[0031] 도 7(a) 및 도 7(b)에서는 해당 고유진동수는 효과적으로 제어가 되지만 다른 고유진동수에서는 시스템이 불안정함을 확인할 수 있다. 이에 반하여, 도 7(c)에 도시된 중간주파수에 기초한 응답특성은 유리기판 유/무에 따른 2개의 고유진동수를 모두 효과적으로 제어한다.

[0032] 도 6(b)에서 중간주파수는 약 3.41Hz로 나타난다. 본 실시예에서는, 각각의 고유주파수의 산술평균인 3.40 Hz와 매우 가까운 값으로 나타났다.

[0034] 도 8에는, 디스플레이 반송로봇의 유리기판 유/무에 따른 잔류진동 제어 결과를 다중모드 입력성형기법과 본 발명에서 제안한 중간주파수를 활용한 응답특성을 비교하여 나타내었다. 도 8(a)는 각 입력성형기법에 따른 응답특성의 정착시간을 비교한 것이고, 도 8(b)는 각 입력성형기법에 따른 응답특성의 오버슈트를 비교한 것이다.

[0035] 도 8로부터 알 수 있듯이, 현재 산업현장에 적용된 다중모드 입력성형기법의 경우, 시스템 고유진동수 오차에도

강인하게 잔류진동을 제어할 수 있으나 늘어난 임펄스 열로 인하여 정착시간이 증가하기 때문에, 생산성이 저감된다. 도 8의 참조부호 810a 및 810b로 표시된 바과 같이, 본 발명에서 제안한 중간주파수에 기초한 단일모드 입력성형기법을 적용할 경우, 산업현장 관리기준에 충족하는 오버슈트의 안정성을 제공하는 동시에, 현재 적용된 다중모드 입력성형기법과 대비하여 약 52% 빠른 응답특성을 제공할 수 있다.

- [0037] 도 9에는 본 발명에 따른 제어 방법에서 활용되기 위한 파라미터를 결정하는 방법이 개략적으로 도시되어 있다.
- [0038] 먼저, 제어 대상의 운전시 상태에 따라 변화하는 고유진동수를 파악한다(S910). 예를 들어, 디스플레이 반송로봇의 경우, 유리기관의 탑재 유무에 따른 고유진동수 변화를 파악한다. 이러한 과정은 실험을 이용하거나 수치 해석을 이용할 수 있다.
- [0039] 다음으로, 제어 대상에서 요구되는 응답특성을 결정한다(S920). 일반적으로, 최대오버슈트가 5%를 넘지 않는 것이 요구된다. 경우에 따라, 정착시간 등 다른 응답특성에 대해서도 기준이 제공될 수 있다.
- [0040] 단계 S910에서 파악된 2개의 고유진동수 사이의 적절한 주파수를 중간주파수로서 선택한다. 일 실시예로서, 각 고유진동수의 민감도 곡선이 교차하는 주파수를 중간주파수로서 선택할 수 있다. 이 경우 중간주파수에서의 최대오버슈트 등의 응답특성이 단계 S920에서 주어진 기준을 만족하여야 한다. 민감도 곡선을 이용하는 경우에는 중간주파수와 적용될 입력성형기법이 동시에 결정될 수 있다. 다른 실시예로서, 각 고유진동수의 산술평균으로 선택할 수도 있다. 이 경우에는 해당 중간주파수를 기초로 하여 여러 입력성형기법이 적용된 경우의 응답특성을 확인하고, 단계 S920에서 주어진 기준을 만족시키는 입력성형기법을 선택할 수 있다. 이로써, 제어 신호를 생성시키기 위한 파라미터로서, 중간주파수와 입력성형기법이 결정될 수 있다.
- [0042] 도 10에는 본 발명에 따른 실시예로서, 2개의 고유진동수를 갖는 제어 대상에 제공되는 제어 신호를 생성하는 방법이 도시되어 있다.
- [0043] 먼저, 제어 대상에 대한 동작 명령에 기초하여 입력 신호를 생성한다(S1010). 예를 들어, 도 1(c)에서는 입력 신호가 구형파(Command signal)로 도시되어 있으며, 도 2에서는 입력 신호가 $t=0$ 에서 시작되는 계단 함수로 주어진다.
- [0044] 다음으로, 제어 대상의 동적 특성을 검토하여 미리 결정된 파라미터들에 기초하여 입력성형기법을 적용하여 제어 신호를 생성한다. 미리 결정된 파라미터에는 중간주파수 및 적용될 입력성형기법에 관한 파라미터가 포함된다.
- [0046] 도 11에는 본 발명에 따른 일 실시예로서, 2개의 고유진동수를 갖는 제어 대상을 제어하기 위한 제어 장치(1100)가 도시되어 있다. 제어 장치는 입력신호 생성부(1110), 입력성형부(1120) 및 구동부(1130)를 포함한다.
- [0047] 입력신호 생성부(1110)는 제어 대상에 대한 동작 명령에 기초하여 입력 신호를 생성한다. 예를 들어, 도 1(c)에서는 입력 신호가 구형파(Command signal)로 도시되어 있으며, 도 2에서는 입력 신호가 $t=0$ 에서 시작되는 계단 함수로 주어진다.
- [0048] 입력성형부(1120)는 제어 대상의 동적 특성을 검토하여 미리 결정된 파라미터들에 기초하여 입력성형기법을 적용하여 제어 신호를 생성한다. 미리 결정된 파라미터에는 중간주파수 및 적용될 입력성형기법에 관한 파라미터가 포함된다.
- [0049] 구동부(1130)는 입력성형부(1120)에서 생성된 제어 신호에 기초하여 제어 대상을 구동시킨다.
- [0050] 도 12에는 본 발명에 따른 일 실시예로서, 2개의 고유진동수를 갖는 제어 대상을 제어하기 위한 제어 장치(1200)가 도시되어 있다. 도시된 제어 장치(1200)는 예를 들어 컴퓨터, 마이크로프로세서 등에 의하여 구현될 수 있다. 제어 장치(1200)는 프로세서(1210), 메모리(1220) 및 장치 내부에서 데이터의 전송을 제공하는 통신버스(1230)을 포함한다.
- [0051] 프로세서(1210)는 메모리에 탑재된 모듈과 파라미터에 기초하여 일련의 명령을 수행한다. 메모리(1220)에는 운영체제(1260) 상에 입력신호 생성모듈(1240)과 입력성형모듈(1250)이 실행가능하도록 탑재되어 있다.
- [0052] 입력신호 생성모듈(1240)은 운전 파라미터(1242)에 기초하여 입력 신호를 생성한다. 예를 들어, 도 1(c)에서는

입력 신호가 구형파(Command signal)로 도시되어 있으며, 도 2에서는 입력 신호가 $t=0$ 에서 시작되는 계단 함수로 주어진다.

[0053] 입력성형모듈(1250)은 제어 대상의 동적 특성을 검토하여 미리 결정된 파라미터들, 즉, 입력성형 파라미터(1252)에 기초하여 입력성형기법을 적용하여 제어 신호를 생성한다. 미리 결정된 파라미터에는 중간주파수 및 적용될 입력성형기법에 관한 파라미터가 포함된다.

[0055] 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.

[0056] 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.

부호의 설명

[0057] 300: 디스플레이 패널 반송로봇

410: 로봇 핸드 모델

420: 디스플레이 패널 모델

600a, 600b, 600c: 중간주파수

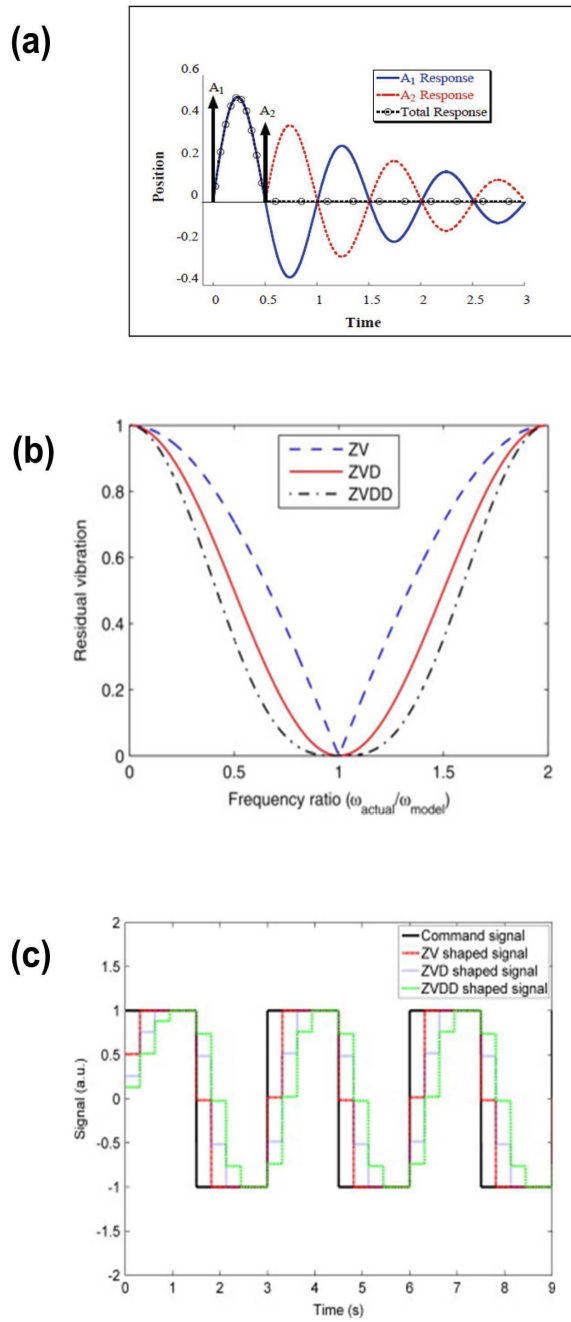
610a, 610b, 610c: 유리기관이 탑재된 상태의 로봇 핸드의 민감도 곡선

610a, 610b, 610c: 유리기관이 탑재되지 않은 상태의 로봇 핸드의 민감도 곡선

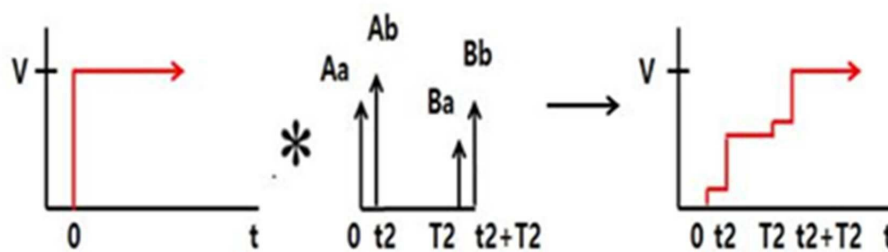
810a, 810b: 본 발명에 따른 응답특성

도면

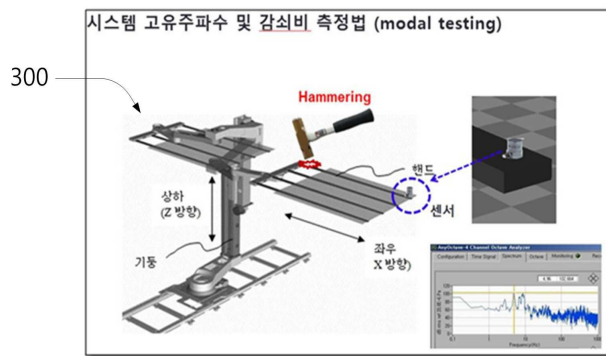
도면1



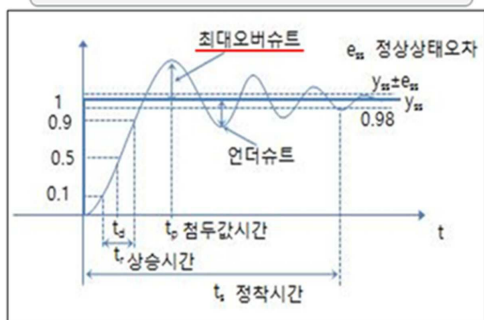
도면2



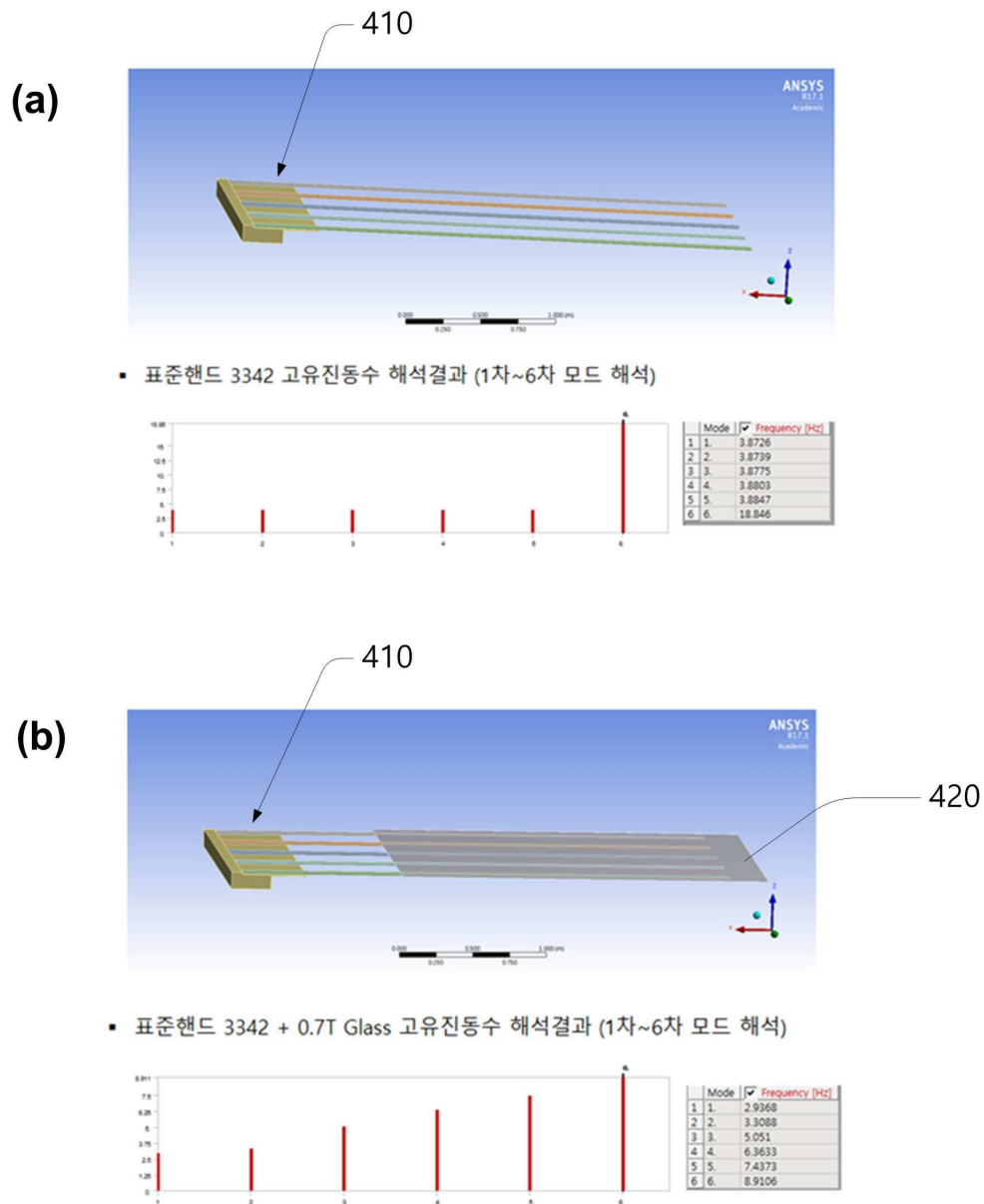
도면3



가속도 센서를 이용한 관리기준

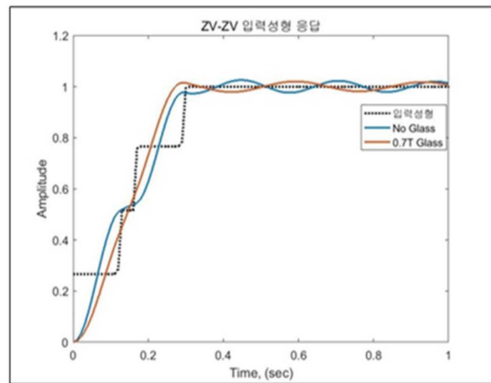


도면4

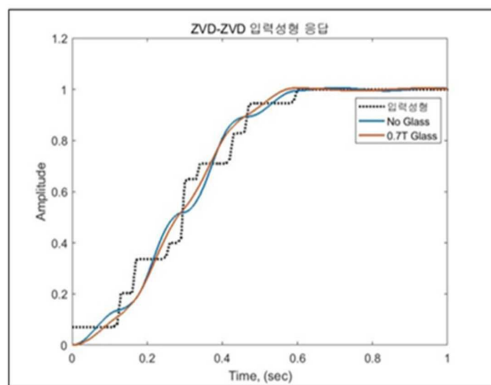


도면5

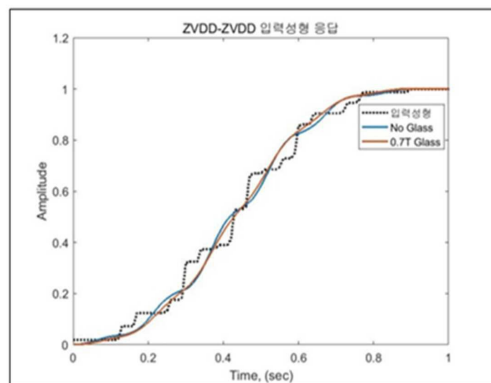
(a)



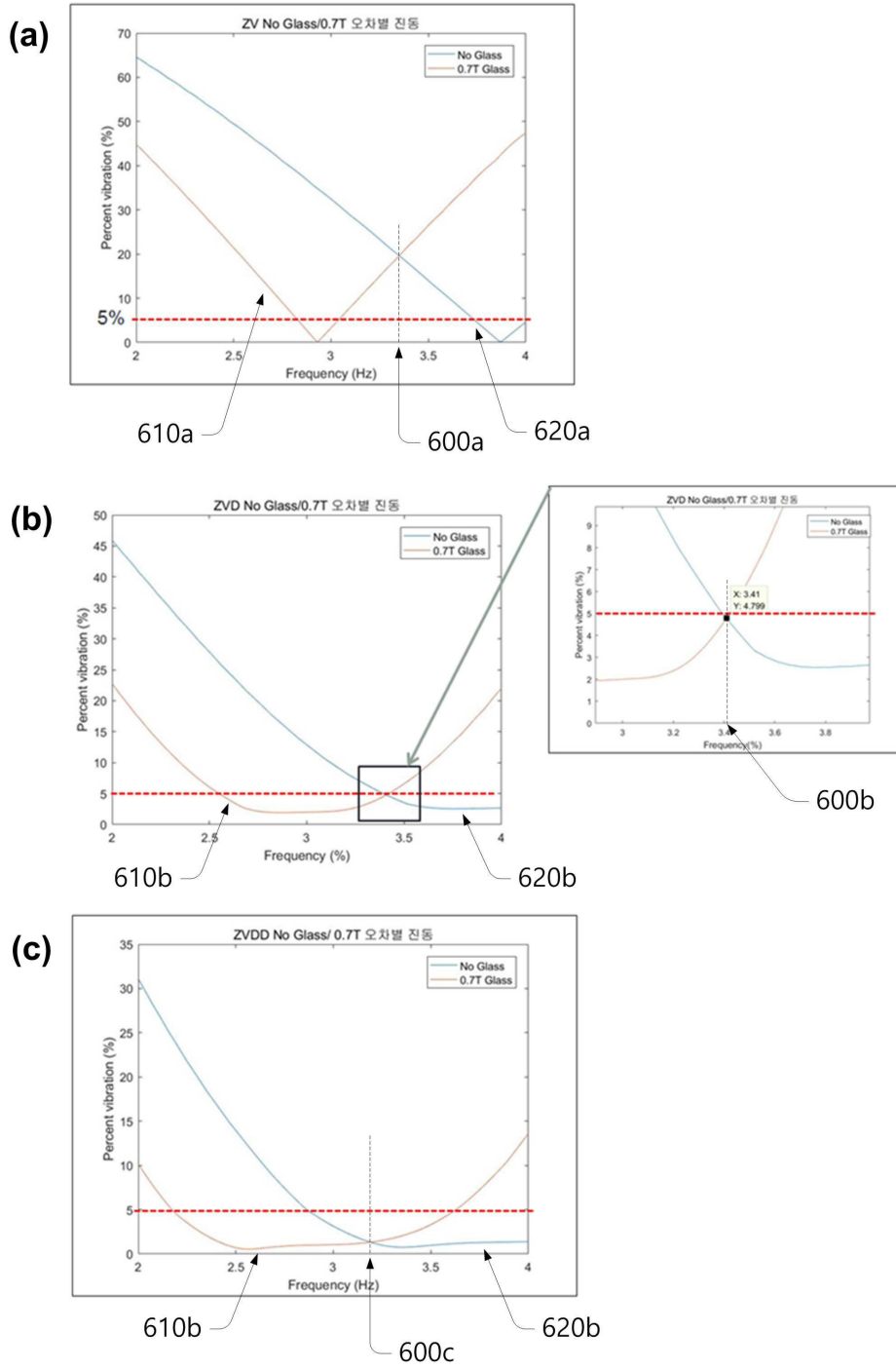
(b)



(c)

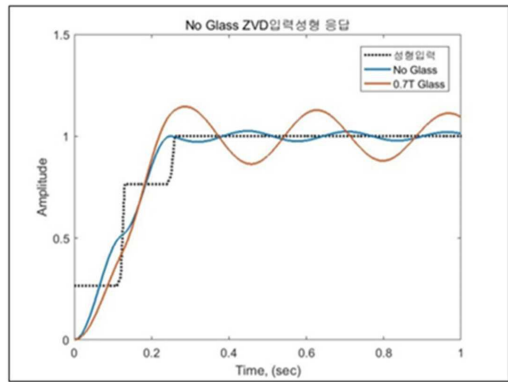


도면6

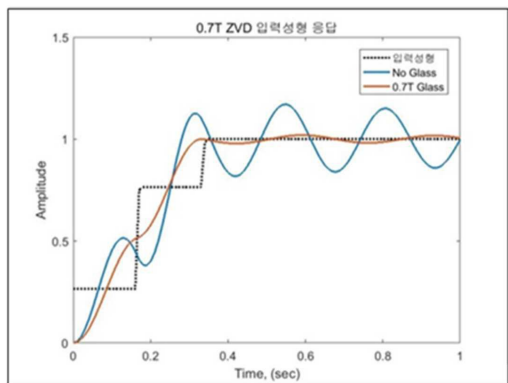


도면7

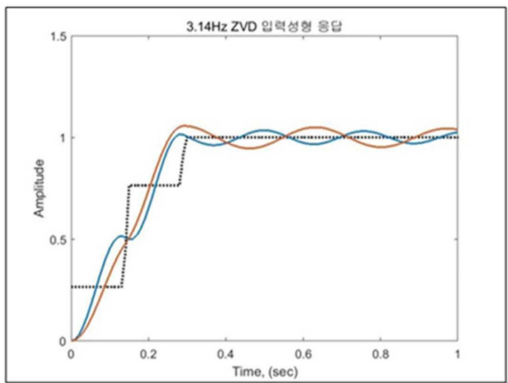
(a)



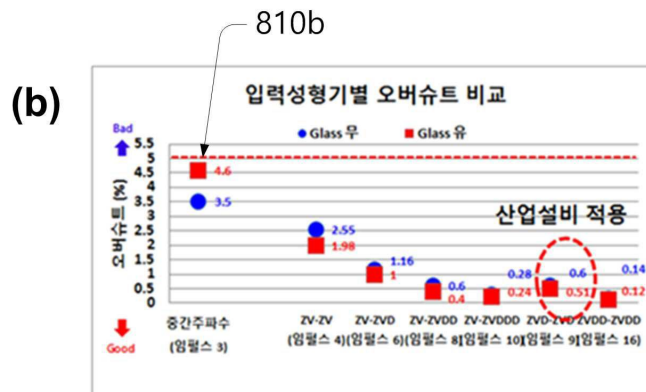
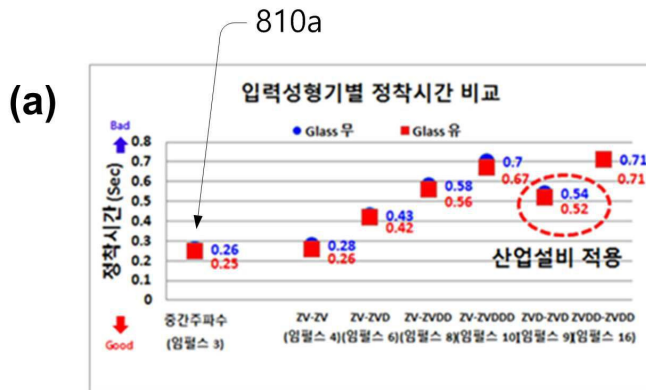
(b)



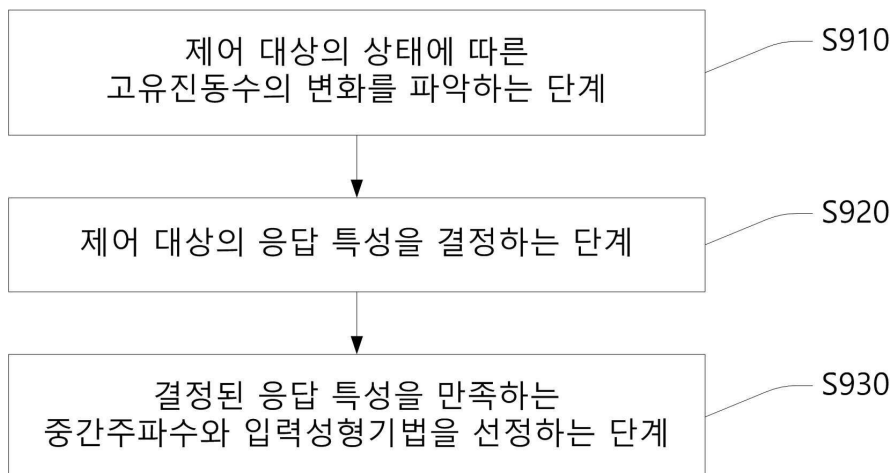
(c)



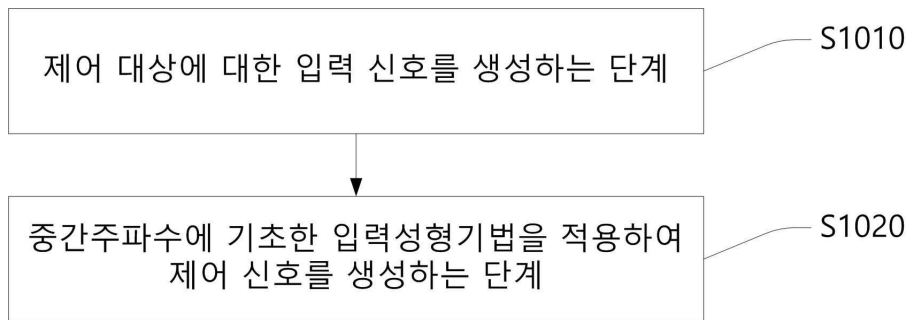
도면8



도면9



도면10



도면11



도면12

