(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0132975
(43) 공개일자 2024년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F15B 11/22 (2006.01) *F15B 11/064* (2006.01)
F15B 15/22 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F15B 11/22 (2013.01)
F15B 11/064 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0026356
(22) 출원일자 2023년02월27일
심사청구일자 2023년02월27일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
이원균
세종특별자치시 국책연구원1로 15, 리버뷰1차아파트 901동 1602호
심범식
대전광역시 유성구 대학로155번길 62, 304호(궁동, 풀하우스)
(74) 대리인
이재명, 김태완

전체 청구항 수 : 총 8 항

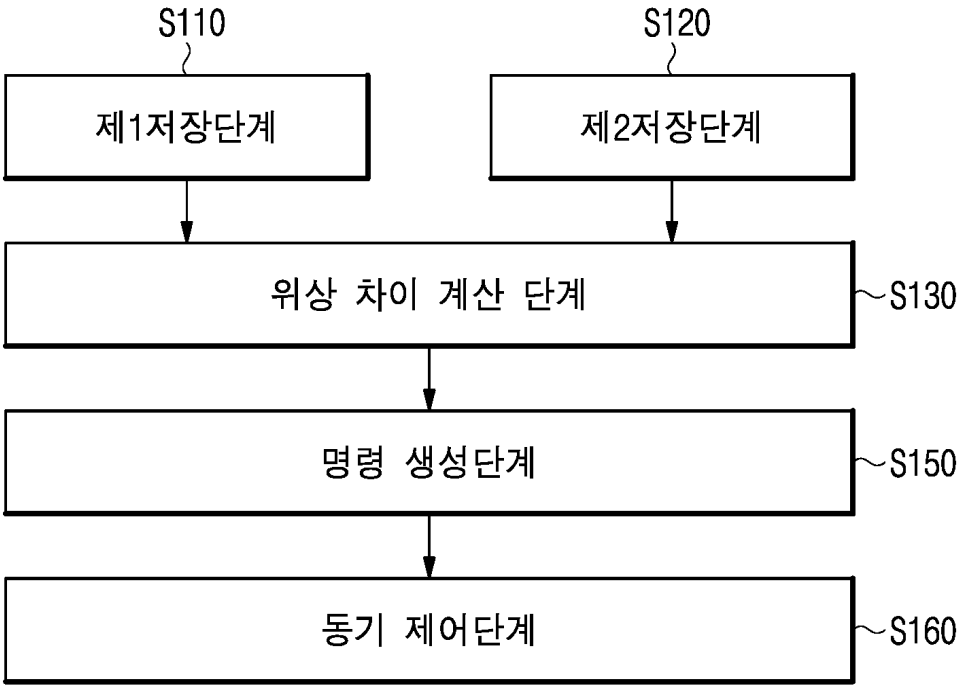
(54) 발명의 명칭 **공압 실린더의 동기 제어방법 및 이를 실행하기 위한 공압 실린더의 동기 제어 시스템**

(57) 요 약

본 발명의 일실시예는 다축 공압 실린더의 정밀한 동기 제어가 가능하도록 하기 위한 공압 실린더의 동기 제어방법 및 이를 실행하기 위한 공압 실린더의 동기 제어 시스템을 제공한다. 여기서, 공압 실린더의 동기 제어방법은 마스터 공압 실린더의 제1스트로크 사이클 및 제1하중 사이클을 실시간으로 저장하고, 슬레이브 공압 실린더의

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



제2스트로크 사이클 및 제2하중 사이클을 실시간으로 저장하며, 제1스트로크 사이클과 제2스트로크 사이클의 스트로크 위상 차이와, 제1하중 사이클과 제2하중 사이클의 하중 위상 차이를 계산하고, 스트로크 위상 차이에 기초하여, 마스터 공압 실린더 및 슬레이브 공압 실린더 중 어느 하나의 스트로크 사이클이 나머지 다른 하나의 스트로크 사이클과 동기화되도록 조정하기 위한 스트로크 동기화 명령과, 하중 위상 차이에 기초하여, 마스터 공압 실린더 및 슬레이브 공압 실린더 중 어느 하나의 하중 사이클이 나머지 다른 하나의 하중 사이클과 동기화되도록 조정하기 위한 하중 동기화 명령을 생성하며, 생성되는 스트로크 동기화 명령 및 하중 동기화 명령을 마스터 공압 실린더 또는 슬레이브 공압 실린더에 전송하여 동기 제어한다.

(52) CPC특허분류
F15B 15/22 (2013.01)
F15B 2211/782 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415183170
과제번호	P0020616
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술진흥원
연구사업명	산업혁신인재성장지원사업(R&D)
연구과제명	스마트 제조장비용 CNC시스템 전문인력양성
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국공작기계산업협회
연구기간	2022.03.01 ~ 2027.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

마스터 공압 실린더 및 슬레이브 공압 실린더의 스트로크 사이클 및 하중 사이클을 동기 제어하기 위한 공압 실린더의 동기 제어방법으로서,

상기 마스터 공압 실린더의 제1스트로크 사이클 및 제1하중 사이클을 실시간으로 저장하는 제1저장단계;

상기 슬레이브 공압 실린더의 제2스트로크 사이클 및 제2하중 사이클을 실시간으로 저장하는 제2저장단계;

상기 제1스트로크 사이클과 상기 제2스트로크 사이클의 스트로크 위상 차이와, 상기 제1하중 사이클과 상기 제2하중 사이클의 하중 위상 차이를 계산하는 위상 차이 계산 단계;

상기 스트로크 위상 차이에 기초하여, 상기 마스터 공압 실린더 및 상기 슬레이브 공압 실린더 중 어느 하나의 스트로크 사이클이 나머지 다른 하나의 스트로크 사이클과 동기화되도록 조정하기 위한 스트로크 동기화 명령과, 상기 하중 위상 차이에 기초하여, 상기 마스터 공압 실린더 및 상기 슬레이브 공압 실린더 중 어느 하나의 하중 사이클이 나머지 다른 하나의 하중 사이클과 동기화되도록 조정하기 위한 하중 동기화 명령을 생성하는 명령 생성단계; 및

생성되는 상기 스트로크 동기화 명령 및 상기 하중 동기화 명령을 상기 마스터 공압 실린더 또는 상기 슬레이브 공압 실린더에 전송하여 동기 제어하는 동기 제어단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 공압 실린더의 동기 제어방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 위상 차이 계산 단계에서,

상기 스트로크 위상 차이는, 임의로 선택되는 제1구간에서 상기 제1스트로크 사이클이 최대 스트로크값일 때의 제1시간과, 상기 제1구간에서 상기 제2스트로크 사이클이 최대 스트로크값일 때의 제2시간의 차이값인 것을 특징으로 하는 공압 실린더의 동기 제어방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 명령 생성단계에서,

상기 스트로크 동기화 명령은 $\text{sign(error)} \times K_{phase}$ 로 계산되고,

여기서, 상기 sign(error)는 상기 제1시간에서 상기 제2시간을 뺀 값이 양수이면 1, 음수이면 -1, 0이면 0의 값을 가지며,

상기 K_{phase}는 위상 지연 시간인 것을 특징으로 하는 공압 실린더의 동기 제어방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1구간은 일정 시간 단위의 복수 개의 단위정보를 포함하고,

상기 위상 지연 시간은 상기 일정 시간의 유리수배인 것을 특징으로 하는 공압 실린더의 동기 제어방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 위상 차이 계산 단계에서,

상기 하중 위상 차이는, 임의로 선택되는 제2구간에서 상기 제1하중 사이클이 최대 하중값일 때의 제3시간과, 상기 제2구간에서 상기 제2하중 사이클이 최대 하중값일 때의 제4시간의 차이값인 것을 특징으로 하는 공압 실린더의 동기 제어방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 명령 생성단계에서,

상기 하중 동기화 명령은 sign(error) × K_{phase} 로 계산되고,

여기서, 상기 sign(error)는 상기 제3시간에서 상기 제4시간을 뺀 값이 양수이면 1, 음수이면 -1, 0이면 0의 값을 가지며,

상기 K_{phase}는 위상 지연 시간인 것을 특징으로 하는 공압 실린더의 동기 제어방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 제2구간은 일정 시간 단위의 복수 개의 단위정보를 포함하고,

상기 위상 지연 시간은 상기 일정 시간의 유리수배인 것을 특징으로 하는 공압 실린더의 동기 제어방법.

청구항 8

제1항 내지 제7항에 기재된 공압 실린더의 동기 제어방법을 실행하기 위한 공압 실린더의 동기 제어 시스템으로서,

상기 마스터 공압 실린더의 제1스트로크 사이클 및 제1하중 사이클을 실시간으로 저장하는 제1저장부;

상기 슬레이브 공압 실린더의 제2스트로크 사이클 및 제2하중 사이클을 실시간으로 저장하는 제2저장부;

상기 제1스트로크 사이클과 상기 제2스트로크 사이클의 스트로크 위상 차이와, 상기 제1하중 사이클과 상기 제2하중 사이클의 하중 위상 차이를 계산하는 위상 차이 계산부;

상기 스트로크 위상 차이에 기초하여, 상기 마스터 공압 실린더 및 상기 슬레이브 공압 실린더 중 어느 하나의 스트로크 사이클이 나머지 다른 하나의 스트로크 사이클과 동기화되도록 조정하기 위한 스트로크 동기화 명령과, 상기 하중 위상 차이에 기초하여, 상기 마스터 공압 실린더 및 상기 슬레이브 공압 실린더 중 어느 하나의 하중 사이클이 나머지 다른 하나의 하중 사이클과 동기화되도록 조정하기 위한 하중 동기화 명령을 생성하는 명령 생성부; 및

생성되는 상기 스트로크 동기화 명령 및 상기 하중 동기화 명령을 상기 마스터 공압 실린더 또는 상기 슬레이브 공압 실린더에 전송하여 동기 제어하는 동기 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 공압 실린더의 동기 제어 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 공압 실린더의 동기 제어방법 및 이를 실행하기 위한 공압 실린더의 동기 제어 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 다축 공압 실린더의 정밀한 동기 제어가 가능하도록 하기 위한 공압 실린더의 동기 제어방법 및 이를 실행하기 위한 공압 실린더의 동기 제어 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로, 공기는 압축성으로 인하여 힘(force), 속도(speed) 등에 대한 정밀하고 안정적인 피드백 제어를 얻는 것이 힘들다. 이에 따라, 대부분의 장비에서는 안정적으로 컨트롤이 가능한 비압축성인 유압을 이용하는 방

식이 널리 사용되고 있다.

[0003] 그러나, 유압 실린더로 구성되는 대부분의 유압 장치는 도입 및 유지보수 비용이 고가이며 설치 공간을 많이 차지하는 문제가 있고, 유압유는 온실가스 배출량을 증가시키는 문제가 있다.

[0004] 한편, 공압 실린더는 유압 실린더에 비해 도입 비용이 저렴하고, 하나의 공압 라인으로 다수의 장비를 제어 가능한 등의 장점에도 불구하고, 공기의 압축성으로 정밀한 제어가 어렵다는 문제로 인해 널리 사용되지 못하고 있다.

[0005] 특히, 다축 공압 실린더로 구성되는 장치의 경우에는 다축 공압 실린더를 동기 제어가 어려워 사용에 불편이 있다.

[0006] 따라서, 다축 공압 실린더의 정밀한 제어가 가능하도록 하기 위한 기술이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제2013-0091192호(2013.08.16. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 다축 공압 실린더의 정밀한 동기 제어가 가능하도록 하기 위한 공압 실린더의 동기 제어방법 및 이를 실행하기 위한 공압 실린더의 동기 제어 시스템을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 일실시예는 마스터 공압 실린더 및 슬레이브 공압 실린더의 스트로크 사이클 및 하중 사이클을 동기 제어하기 위한 공압 실린더의 동기 제어방법으로서, 상기 마스터 공압 실린더의 제1스트로크 사이클 및 제1하중 사이클을 실시간으로 저장하는 제1저장단계; 상기 슬레이브 공압 실린더의 제2스트로크 사이클 및 제2하중 사이클을 실시간으로 저장하는 제2저장단계; 상기 제1스트로크 사이클과 상기 제2스트로크 사이클의 스트로크 위상 차이와, 상기 제1하중 사이클과 상기 제2하중 사이클의 하중 위상 차이를 계산하는 위상 차이 계산 단계; 상기 스트로크 위상 차이에 기초하여, 상기 마스터 공압 실린더 및 상기 슬레이브 공압 실린더 중 어느 하나의 스트로크 사이클이 나머지 다른 하나의 스트로크 사이클과 동기화되도록 조정하기 위한 스트로크 동기화 명령과, 상기 하중 위상 차이에 기초하여, 상기 마스터 공압 실린더 및 상기 슬레이브 공압 실린더 중 어느 하나의 하중 사이클이 나머지 다른 하나의 하중 사이클과 동기화되도록 조정하기 위한 하중 동기화 명령을 생성하는 명령 생성단계; 및 생성되는 상기 스트로크 동기화 명령 및 상기 하중 동기화 명령을 상기 마스터 공압 실린더 또는 상기 슬레이브 공압 실린더에 전송하여 동기 제어하는 동기 제어단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 공압 실린더의 동기 제어방법을 제공한다.

[0011] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 위상 차이 계산 단계에서, 상기 스트로크 위상 차이는, 임의로 선택되는 제1구간에서 상기 제1스트로크 사이클이 최대 스트로크값일 때의 제1시간과, 상기 제1구간에서 상기 제2스트로크 사이클이 최대 스트로크값일 때의 제2시간의 차이값일 수 있다.

[0012] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 명령 생성단계에서, 상기 스트로크 동기화 명령은 $\text{sign(error)} \times K_{phase}$ 로 계산되고, 여기서, 상기 sign(error)는 상기 제1시간에서 상기 제2시간을 뺀 값이 양수이면 1, 음수이면 -1, 0이면 0의 값을 가지며, 상기 K_{phase}는 위상 지연 시간일 수 있다.

[0013] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 제1구간은 일정 시간 단위의 복수 개의 단위정보를 포함하고, 상기 위상 지연

시간은 상기 일정 시간의 유리수배일 수 있다.

[0014] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 위상 차이 계산 단계에서, 상기 하중 위상 차이는, 임의로 선택되는 제2구간에서 상기 제1하중 사이클이 최대 하중값일 때의 제3시간과, 상기 제2구간에서 상기 제2하중 사이클이 최대 하중값일 때의 제4시간의 차이값일 수 있다.

[0015] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 명령 생성단계에서, 상기 하중 동기화 명령은 sign(error) × K_{phase} 로 계산되고, 여기서, 상기 sign(error)는 상기 제3시간에서 상기 제4시간을 뺀 값이 양수이면 1, 음수이면 -1, 0이면 0의 값을 가지며, 상기 K_{phase}는 위상 지연 시간일 수 있다.

[0016] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 제2구간은 일정 시간 단위의 복수 개의 단위정보를 포함하고, 상기 위상 지연 시간은 상기 일정 시간의 유리수배일 수 있다.

[0017] 한편, 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 일실시예는 공압 실린더의 동기 제어방법을 실행하기 위한 공압 실린더의 동기 제어 시스템으로서, 상기 마스터 공압 실린더의 제1스트로크 사이클 및 제1하중 사이클을 실시간으로 저장하는 제1저장부; 상기 슬레이브 공압 실린더의 제2스트로크 사이클 및 제2하중 사이클을 실시간으로 저장하는 제2저장부; 상기 제1스트로크 사이클과 상기 제2스트로크 사이클의 스트로크 위상 차이와, 상기 제1하중 사이클과 상기 제2하중 사이클의 하중 위상 차이를 계산하는 위상 차이 계산부; 상기 스트로크 위상 차이에 기초하여, 상기 마스터 공압 실린더 및 상기 슬레이브 공압 실린더 중 어느 하나의 스트로크 사이클이 나머지 다른 하나의 스트로크 사이클과 동기화되도록 조정하기 위한 스트로크 동기화 명령과, 상기 하중 위상 차이에 기초하여, 상기 마스터 공압 실린더 및 상기 슬레이브 공압 실린더 중 어느 하나의 하중 사이클이 나머지 다른 하나의 하중 사이클과 동기화되도록 조정하기 위한 하중 동기화 명령을 생성하는 명령 생성부; 및 생성되는 상기 스트로크 동기화 명령 및 상기 하중 동기화 명령을 상기 마스터 공압 실린더 또는 상기 슬레이브 공압 실린더에 전송하여 동기 제어하는 동기 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 공압 실린더의 동기 제어 시스템을 제공한다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 실시예에 따르면, 다축 공압 실린더의 스트로크 및 하중의 정밀한 동기 제어가 가능할 수 있다.

[0019] 본 발명의 효과는 상기한 효과로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 상세한 설명 또는 청구범위에 기재된 발명의 구성으로부터 추론 가능한 모든 효과를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법을 나타낸 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에서 스트로크 위상 차이 계산을 설명하기 위한 예시도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에서 스트로크 동기화를 위한 명령 생성단계를 설명하기 위한 예시도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에 의한 위치 동기 제어 전후를 비교한 그래프이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에 의한 위치 동기 제어결과를 나타낸 것이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에서 하중 위상 차이 계산을 설명하기 위한 예시도이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에서 하중 동기화를 위한 명령 생성단계를 설명하기 위한 예시도이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에 의한 하중 동기 제어 전후를 비교한 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에 의한 하중 동기 제어결과를 나타낸 것이다.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어 시스템을 나타낸 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시예로 한정되는 것은 아니다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0022] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결(접속, 접촉, 결합)"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 구비할 수 있다는 것을 의미한다.

[0023] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0024] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0025] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법을 나타낸 흐름도이다.

[0026] 도 1에서 보는 바와 같이, 공압 실린더의 동기 제어방법은 마스터 공압 실린더 및 슬레이브 공압 실린더의 스트로크 사이클 및 하중 사이클을 동기 제어하기 위한 것으로서, 제1저장단계(S110), 제2저장단계(S120), 위상 차이 계산 단계(S130), 명령 생성단계(S150) 및 동기 제어단계(S160)를 포함할 수 있다.

[0027] 제1저장단계(S110)는 마스터 공압 실린더의 제1스트로크 사이클 및 제1하중 사이클을 실시간으로 저장하는 단계일 수 있다.

[0028] 제2저장단계(S120)는 슬레이브 공압 실린더의 제2스트로크 사이클 및 제2하중 사이클을 실시간으로 저장하는 단계일 수 있다. 제1저장단계(S110) 및 제2저장단계(S120)는 동시에 실시간으로 진행될 수 있다.

[0029] 슬레이브 공압 실린더는 마스터 공압 실린더에 종속되어 운용되는 것은 아니다. 즉, 마스터 공압 실린더와 슬레이브 공압 실린더는 복수 개의 공압 실린더를 구분하기 위해 편의상 용어를 다르게 한 것일 뿐이다. 따라서, 마스터 공압 실린더 또는 슬레이브 공압 실린더는 각각 복수 개로 마련될 수 있는데, 이하에서는 기본적으로 마스터 공압 실린더와 슬레이브 공압 실린더가 각각 1개인 경우로 하여 설명하며, 도 4, 도 5, 도 8 및 도 9에서는 복수개의 공압 실린더에 대해 수행된 결과를 설명한다.

[0030] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에서 스트로크 위상 차이 계산을 설명하기 위한 예시도이다.

[0031] 도 1및 도 2에서 보는 바와 같이, 위상 차이 계산 단계(S130)는 마스터 공압 실린더의 제1스트로크 사이클(132)과 슬레이브 공압 실린더의 제2스트로크 사이클(133)의 스트로크 위상 차이와, 마스터 공압 사이클의 제1하중 사이클과 슬레이브 공압 사이클의 제2하중 사이클의 하중 위상 차이를 계산하는 단계일 수 있다.

[0032] 이하에서는, 먼저 스트로크 위상 제어에 대해서 설명한다.

[0033] 위상 차이 계산 단계(S130)에서, 스트로크 위상 차이(134)는, 제1저장단계(S110)에서 저장되는 제1스트로크 사이클 정보와, 제2저장단계(S120)에서 저장되는 제2스트로크 사이클 정보를 기초로, 임의로 선택되는 제1구간(131)에서 제1스트로크 사이클(132)이 최대 스트로크값(S1)일 때의 제1시간(t1)과, 동일한 제1구간(131)에서 제2스트로크 사이클(133)이 최대 스트로크값(S1)일 때의 제2시간(t2)의 차이값일 수 있다.

[0034] 여기서, 제1구간(131)은 제1스트로크 사이클(132) 또는 제2스트로크 사이클(133)이 0(zero)이 되는 지점이 3번 나오는 구간 중에서 임의로 선정될 수 있다. 도 2에서는 마스터 공압 실린더의 제1스트로크 사이클(132)이 0(zero)이 되는 지점이 3번 나오는 구간 중 임의의 구간이 제1구간(131)으로 선정되었다.

[0035] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에서 스트로크 동기화를 위한 명령 생성단계를 설명하기 위한 예시도이다.

[0036] 도 1 내지 도 3에서 보는 바와 같이, 명령 생성단계(S150)는 스트로크 위상 차이(134)에 기초하여, 마스터 공압

실린더 및 슬레이브 공압 실린더 중 어느 하나의 스트로크 사이클이 나머지 다른 하나의 스트로크 사이클과 동기화되도록 조정하기 위한 스트로크 동기화 명령과, 하중 위상 차이에 기초하여, 마스터 공압 실린더 및 슬레이브 공압 실린더 중 어느 하나의 하중 사이클이 나머지 다른 하나의 하중 사이클과 동기화되도록 조정하기 위한 하중 동기화 명령을 생성하는 단계일 수 있다.

[0037] 먼저, 스트로크 동기화 명령 생성에 대해서 설명한다.

[0038] 명령 생성단계(S150)에서, 스트로크 동기화 명령은 아래 식(1)로 계산될 수 있다.

[0039] $\text{sign(error)} \times K_{phase}$ --- 식(1)

[0040] 여기서, sign(error)는 제1시간(t1)에서 제2시간(t2)을 뺀 값이 양수이면 1, 음수이면 -1, 0이면 0의 값을 가지는 부호 함수일 수 있다. sign(error)는 스트로크 위상 차이가 감소되는 방향으로 K_{phase}가 누적되도록 하는 방향을 결정할 수 있다.

[0041] 도 2에서 보는 바와 같이, 제1스트로크 사이클(132)의 최대 스트로크가 제2스트로크 사이클(133)의 최대 스트로크보다 먼저 나오는 경우, 제1시간(t1)에서 제2시간(t2)을 뺀 값은 음수이기 때문에, sign(error)은 -1이 된다.

[0042] 이처럼, sign(error)가 -1이 되는 경우는 제2스트로크 사이클(133)이 제1스트로크 사이클(132)보다 늦은 위상을 가지는 경우이다. 따라서, 스트로크 동기화 명령이 마이너스 값이 되도록 함으로써, 제2스트로크 사이클(133)의 위상이 시간축의 마이너스 방향으로 지연되도록, 다시 말하면, 제2스트로크 사이클(133)의 위상이 앞당겨 지도록 할 수 있으며, 이를 통해, 제2스트로크 사이클(133)이 제1스트로크 사이클(132)과 동일한 위상을 가지도록 동기화할 수 있다.

[0043] 한편, 제1스트로크 사이클(132)의 최대 스트로크와 제2스트로크 사이클(133)의 최대 스트로크가 동일 시간에서 발생하는 경우, 제1시간(t1)에서 제2시간(t2)을 뺀 값은 0이기 때문에, sign(error)은 0이 된다.

[0044] sign(error)은 0이 되는 경우는 제1스트로크 사이클(132)과 제2스트로크 사이클(133)이 동일한 위상을 가진다는 것이다. 따라서, 이 경우에는 동기화가 필요하지 않으며, 스트로크 동기화 명령도 0이 되어 동기화 제어는 생략될 수 있다.

[0045] 반면, 제1스트로크 사이클(132)의 최대 스트로크가 제2스트로크 사이클(133)의 최대 스트로크보다 나중에 나오는 경우, 제1시간(t1)에서 제2시간(t2)을 뺀 값은 양수이기 때문에, sign(error)은 1이 된다.

[0046] 이처럼, sign(error)가 1이 되는 경우는 제2스트로크 사이클(133)이 제1스트로크 사이클(132)보다 빠른 위상을 가지는 경우이다. 따라서, 스트로크 동기화 명령이 플러스 값이 되도록 함으로써, 제2스트로크 사이클(133)의 위상이 시간축의 플러스 방향으로 지연되도록, 다시 말하면, 제2스트로크 사이클(133)의 위상이 늦춰지도록 할 수 있으며, 이를 통해, 제2스트로크 사이클(133)이 제1스트로크 사이클(132)과 동일한 위상을 가지도록 동기화할 수 있다.

[0047] 그리고, K_{phase}는 위상 지연 시간일 수 있다.

[0048] 제1저장단계(S110) 및 제2저장단계(S120)에서 저장되는 각각의 스트로크 사이클 정보는 실시간으로 저장되는 단위정보의 집합일 수 있다. 그리고 이러한 단위정보는 일정한 크기, 즉, 일정 시간 단위의 정보일 수 있으며, 연속적으로 저장될 수 있다. 제1구간(131)을 형성되는 단위정보의 개수는 적절하게 설정될 수 있다. 그리고, 위상 지연 시간은 일정 시간의 유리수배일 수 있다.

[0049] 예를 들어, 제1구간(131)이 1,000개의 단위정보로 이루어지도록 설정된 상태일 때, 제1스트로크 사이클(132)이 최대 스트로크값(S1)을 가질 때의 단위정보(135a), 즉, 제1시간(t1)에서의 단위정보(135a)와, 제2스트로크 사이클(133)이 최대 스트로크값(S1)을 가질 때의 단위정보(135b), 즉, 제2시간(t2)에서의 단위정보(135b)는 확인될 수 있다. 만일, 제1시간(t1)에서의 단위정보(135a)가 250번째의 단위정보이고, 제2시간(t2)에서의 단위정보(135b)가 300번째의 단위정보라면, 이들은 50개의 단위정보의 시간만큼 위상 차이를 가지게 된다.

[0050] 따라서, 만일 위상 지연 시간이 1개의 단위정보의 시간 단위로 설정되면, 제1구간(131) 바로 다음의 구간, 즉, 제1구간(131) 바로 다음의 두번째 구간에서는 1개의 단위정보가 줄어들어 49개의 단위정보의 시간만큼 위상 차이를 가지게 된다. 따라서, 50번째 구간에서는 50개의 단위정보의 시간만큼 위상 차이가 줄어들게 되므로, 제2스트로크 사이클(133)은 제1스트로크 사이클(132)과 동기화 될 수 있다.

[0051] 위상 지연 시간은 반드시 단위정보의 시간 단위로만 이루어지는 것은 아니다. 즉, 위상 지연 시간은 반드시 단

위정보의 시간 단위의 정수배로만 이루어지는 것은 아니며, 더욱 다양한 지연 시간이 가능하도록, 위상 지연 시간은 단위정보의 일정 시간의 유리수배로 될 수 있다. 이에 따라서, 위상 지연 시간은 단위정보의 일정 시간의 정수배뿐만 아니라 소수배로 지연될 수도 있다.

[0052] 위상 지연 시간은 실시간으로 조절될 수 있다. 위상 지연 시간의 값이 클수록 빠르게 동기화가 이루어질 수 있고, 위상 지연 시간의 값이 작을수록 안정적인 동기화가 이루어질 수 있다.

[0053] 동기 제어단계(S160)는 생성되는 스트로크 동기화 명령 및 하중 동기화 명령을 마스터 공압 실린더 또는 슬레이브 공압 실린더에 전송하여 동기 제어하는 단계일 수 있다.

[0054] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에 의한 위치 동기 제어 전후를 비교한 그래프이다. 도 4에서 Ref는 래퍼런스이며, 이 래퍼런스는 4개의 공압 실린더의 4축(axis1 내지 axis4)에 모두 입력되었다. axis1은 마스터 공압 실린더이고, axis2 내지 axis4는 슬레이브 공압 실린더이며, ±5mm 5hz로 동작되었다.

[0055] 도 4의 (a)는 각 공압 실린더의 4축(axis1 내지 axis4)이 작동하는 상태에서 4축(axis1 내지 axis4)의 스트로크 사이클을 나타낸 것이다. 이에 따르면, 4축(axis1 내지 axis4)의 각 스트로크 사이클은 위상 차이를 가짐을 알 수 있다.

[0056] 한편, 도 4의 (b)는 동기 제어 이후의 그래프인데, 도 4의 (b)를 참조하면, 4축(axis1 내지 axis4)의 그래프가 거의 일치하여 위상 차이가 줄어든 것을 확인할 수 있다.

[0057] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에 의한 위치 동기 제어결과를 나타낸 것이다.

[0058] 먼저, 도 5의 (a)를 참조하면, 한 사이클 내의 최대 스트로크 오차(Synchronize error)(Se)는 제1스트로크 사이클(132)의 최대 스트로크값과 제2스트로크 사이클(133)의 최소 스트로크값의 차이이다.

[0059] 도 5의 (b)는 도 4의 (a)에서 (b)의 상태가 되는 과정에서, 최대 스트로크 오차(Se)를 나타낸 것이다. 도 5의 (b)를 참조하면, 동기 제어 시작(SCon) 전에는 약 8㎜의 최대 스트로크 오차(Se)가 있었지만, 동기 제어 시작(SCon) 이후에는 최대 스트로크 오차(Se)가 점차 감소하여, 0.5㎜의 최대 스트로크 오차(Se) 내에서 4축(axis1 내지 axis4)이 동기화됨을 확인할 수 있다.

[0060] 이하에서는 하중 위상 제어에 관해서 설명한다.

[0061] 하중 위상 제어 방법은 전술한 스트로크 위상 제어 방법과 비교했을 때, 제어 대상이 스트로크에서 하중으로 바뀐다는 것에서 차이가 있으며, 그 기본 방법은 동일할 수 있다.

[0062] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에서 하중 위상 차이 계산을 설명하기 위한 예시도이다.

[0063] 도 1및 도 6에서 보는 바와 같이, 위상 차이 계산 단계(S130)에서, 하중 위상 차이(144)는, 제1저장단계(S110)에서 저장되는 제1하중 사이클 정보와, 제2저장단계(S120)에서 저장되는 제2하중 사이클 정보 중에서 임의로 선택되는 제2구간(141)에서 제1하중 사이클(142)이 최대 하중값(N1)일 때의 제3시간(t3)과, 제2구간(141)에서 제2하중 사이클(143)이 최대 하중값(N1)일 때의 제4시간(t4)의 차이값일 수 있다.

[0064] 여기서, 제2구간(141)은 제1하중 사이클(142) 또는 제2하중 사이클(143)이 0(zero)이 되는 지점이 3번 나오는 구간 중에서 임의로 선정될 수 있다. 도 6에서는 마스터 공압 실린더의 제1하중 사이클(142)이 0(zero)이 되는 지점이 3번 나오는 구간 중 임의의 구간이 제2구간(141)으로 선정되었다.

[0065] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에서 하중 동기화를 위한 명령 생성단계를 설명하기 위한 예시도이다.

[0066] 도 1, 도 6 및 도 7에서 보는 바와 같이, 명령 생성단계(S150)에서는 하중 위상 차이에 기초하여, 마스터 공압 실린더 및 슬레이브 공압 실린더 중 어느 하나의 하중 사이클이 나머지 다른 하나의 하중 사이클과 동기화되도록 조정하기 위한 하중 동기화 명령을 생성할 수 있다.

[0067] 명령 생성단계(S150)에서, 하중 동기화 명령은 아래 식(2)로 계산될 수 있다. 식(2)는 전술한 식(1)과 동일하며, 그 대상이 스트로크에서 하중으로 적용된다는 점에서만 차이가 있다.

[0068] $\text{sign}(\text{error}) \times K_{phase}$ --- 식(2)

[0069] 여기서, sign(error)는 제3시간(t3)에서 제4시간(t4)을 뺀 값이 양수이면 1, 음수이면 -1, 0이면 0의 값을 가지는 부호 함수일 수 있다. sign(error)는 하중 위상 차이가 감소되는 방향으로 K_{phase}가 누적되도록 하는 방향을 결정할 수 있다.

[0070] 도 6에서 보는 바와 같이, 제1하중 사이클(142)의 최대 하중이 제2하중 사이클(143)의 최대 하중보다 먼저 나오는 경우, 제3시간(t3)에서 제4시간(t4)을 뺀 값은 음수이기 때문에, sign(error)은 -1이 된다. 따라서, 하중 동기화 명령이 마이너스 값이 되도록 함으로써, 제2하중 사이클(143)의 위상이 시간축의 마이너스 방향으로 지연되도록 할 수 있으며, 이를 통해, 제2하중 사이클(143)이 제1하중 사이클(142)과 동일한 위상을 가지도록 동기화할 수 있다.

[0071] 한편, 제1하중 사이클(142)의 최대 하중과 제2하중 사이클(143)의 최대 하중이 동일 시간에서 나오는 경우, 제3시간(t3)에서 제4시간(t4)을 뺀 값은 0이기 때문에, sign(error)은 0이 되고, 이 경우에는 동기화 제어는 생략될 수 있다.

[0072] 반면, 제1하중 사이클(142)의 최대 하중이 제2하중 사이클(143)의 최대 하중보다 나중에 나오는 경우, 제3시간(t3)에서 제4시간(t4)을 뺀 값은 양수이기 때문에, sign(error)은 1이 된다. 따라서, 하중 동기화 명령이 플러스 값이 되도록 함으로써, 제2하중 사이클(143)의 위상이 시간축의 플러스 방향으로 지연되도록 할 수 있으며, 이를 통해, 제2하중 사이클(143)이 제1하중 사이클(142)과 동일한 위상을 가지도록 동기화할 수 있다.

[0073] 그리고, K_{phase}는 하중 위상의 지연 시간일 수 있다.

[0074] 제1저장단계(S110) 및 제2저장단계(S120)에서 저장되는 각각의 하중 사이클 정보도 실시간으로 저장되는 단위정보의 집합일 수 있고, 연속적으로 저장될 수 있다. 그리고, 제2구간(141)을 형성되는 단위정보의 개수도 적절하게 설정될 수 있으며, 위상 지연 시간은 일정 시간의 유리수배일 수 있다.

[0075] 이 경우에도, 제1하중 사이클(142)이 최대 하중값(N1)을 가지는 제3시간(t3)에서의 단위정보(145a)와, 제2하중 사이클(143)이 최대 하중값(N1)을 가지는 제4시간(t4)에서의 단위정보(145b)가 확인될 수 있기 때문에, 앞에서 스트로크 위상 제어를 예로 설명한 것과 동일한 방식에 의해 제2하중 사이클(143)은 제1하중 사이클(142)과 동기화 될 수 있다.

[0076] 하중 위상 지연 시간도 단위정보의 시간 단위의 유리수배로 지연될 수 있다. 그리고, 하중의 위상 지연 시간도 실시간으로 조절될 수 있으며, 위상 지연 시간의 값이 클수록 빠르게 동기화가 이루어질 수 있고, 위상 지연 시간의 값이 작을수록 안정적인 동기화가 이루어질 수 있다.

[0077] 동기 제어단계(S160)는 생성되는 하중 동기화 명령을 마스터 공압 실린더 또는 슬레이브 공압 실린더에 전송하여 동기 제어하는 단계일 수 있다.

[0078] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에 의한 하중 동기 제어 전후를 비교한 그래프이다. 도 8에서 Ref는 래퍼런스이며, 이 래퍼런스는 4개의 공압 실린더의 4축(axis1 내지 axis4)에 모두 입력되었다. axis1은 마스터 공압 실린더이고, axis2 내지 axis4는 슬레이브 공압 실린더이며, ±1,000N, 5hz로 동작되었다.

[0079] 도 8의 (a)는 각 공압 실린더의 4축(axis1 내지 axis4)이 작동하는 상태에서 4축(axis1 내지 axis4)의 하중 사이클을 나타낸 것이다. 이에 따르면, 4축(axis1 내지 axis4)의 각 하중 사이클은 위상 차이를 가짐을 알 수 있다.

[0080] 한편, 도 8의 (b)는 동기 제어 이후의 그래프인데, 도 8의 (b)를 참조하면, 4축(axis1 내지 axis4)의 그래프가 거의 일치하여 하중 위상 차이가 줄어든 것을 확인할 수 있다.

[0081] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어방법에 의한 하중 동기 제어결과를 나타낸 것이다.

[0082] 도 9의 (a)를 참조하면, 한 사이클 내의 최대 하중 오차(Synchronize error)(Se)는 제1하중 사이클(142)의 최대 하중과 제2하중 사이클(143)의 최소 하중의 차이이다.

[0083] 도 9의 (b)는 도 8의 (a)에서 (b)의 상태가 되는 과정에서, 최대 하중 오차(Se)를 나타낸 것이다. 도 9의 (b)를 참조하면, 동기 제어 시작(SCon) 전에는 약 1,000N의 최대 하중 오차(Se)가 있었지만, 동기 제어 시작(SCon) 이후에는 최대 하중 오차(Se)가 점차 감소하여, 20N의 최대 하중 오차(Se) 내에서 4축(axis1 내지 axis4)이 동기화됨을 확인할 수 있다.

[0084] 한편, 다시 도 1을 참조하면, 동기 제어단계(S160)를 진행하면서도 마스터 공압 실린더와 슬레이브 공압 실린더에 대해서는 각각 제1저장단계(S110) 및 제2저장단계(S120)가 진행되고, 위상 차이 계산 단계(S130)도 지속적으로 진행될 수 있다. 이를 통해, 동기 제어가 잘 진행되어 스트로크 위상과 하중 위상이 동기화되고 있는지가 실시간으로 확인될 수 있다.

[0085] 위상 차이가 존재하지 않게 되면, 즉, 위상 동기화가 이루어지면 명령 생성단계(S150)와 동기 제어단계(S160)의 수행은 중지될 수 있다.

[0086] 또는, 일정 시간 간격으로 위상 차이 계산 단계(S130)가 진행되어 위상 차이를 확인하고, 만일 위상 차이가 발생되면 다시 명령 생성단계(S150)와 동기 제어단계(S160)가 수행될 수도 있다.

[0087] 아 방법은 명확성을 위해 일련의 번호가 붙여진 단계로 묘사되어 있지만 번호 순서가 각 단계의 순서를 지정하는 것은 아니다. 이들 단계 중 일부는 스킵되거나, 병렬로 수행되거나, 엄격히 전후 순서를 유지할 필요없이 수행될 수 있다. 그러나, 일반적으로 이 방법은 표시된 단계의 번호 순서에 따라 진행된다.

[0088] 이하에서는 전술한 공압 실린더의 동기 제어방법을 실행하기 위한 공압 실린더의 동기 제어 시스템에 대해서 설명한다.

[0089] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 공압 실린더의 동기 제어 시스템을 나타낸 구성도이다.

[0090] 도 10에서 보는 바와 같이, 공압 실린더의 동기 제어 시스템은 제1저장부(210), 제2저장부(220), 위상 차이 계산부(230), 명령 생성부(240) 및 동기 제어부(250)를 포함할 수 있다.

[0091] 제1저장부(210)는 마스터 공압 실린더(10)의 제1스트로크 사이클 및 제1하중 사이클을 실시간으로 저장할 수 있다. 제1저장부(210)는 전술한 제1저장단계를 수행할 수 있다.

[0092] 그리고, 제2저장부(220)는 슬레이브 공압 실린더(20)의 제2스트로크 사이클 및 제2하중 사이클을 실시간으로 저장할 수 있다. 제2저장부(220)는 전술한 제2저장단계를 수행할 수 있다.

[0093] 위상 차이 계산부(230)는 제1스트로크 사이클과 제2스트로크 사이클의 스트로크 위상 차이와, 제1하중 사이클과 제2하중 사이클의 하중 위상 차이를 계산할 수 있다. 위상 차이 계산부(230)는 전술한 위상 차이 계산 단계를 수행할 수 있다.

[0094] 그리고 명령 생성부(240)는 스트로크 위상 차이에 기초하여, 마스터 공압 실린더(10) 및 슬레이브 공압 실린더(20) 중 어느 하나의 스트로크 사이클이 나머지 다른 하나의 스트로크 사이클과 동기화되도록 조정하기 위한 스트로크 동기화 명령과, 하중 위상 차이에 기초하여, 마스터 공압 실린더(10) 및 슬레이브 공압 실린더(20) 중 어느 하나의 하중 사이클이 나머지 다른 하나의 하중 사이클과 동기화되도록 조정하기 위한 하중 동기화 명령을 생성할 수 있다. 명령 생성부(240)는 전술한 명령 생성단계를 수행할 수 있다.

[0095] 동기 제어부(250)는 생성되는 스트로크 동기화 명령 및 하중 동기화 명령을 마스터 공압 실린더(10) 또는 슬레이브 공압 실린더(20)에 전송하여 동기 제어할 수 있다. 동기 제어부(250)는 전술한 동기 제어단계를 수행할 수 있다.

[0096] 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. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0097] 본 발명의 범위는 후술하는 청구범위에 의하여 나타내어지며, 청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0098] 10: 마스터 공압 실린더

20: 슬레이브 공압 실린더

132: 제1스트로크 사이클

133: 제2스트로크 사이클

142: 제1하중 사이클

143: 제2하중 사이클

210: 제1저장부

220: 제2저장부

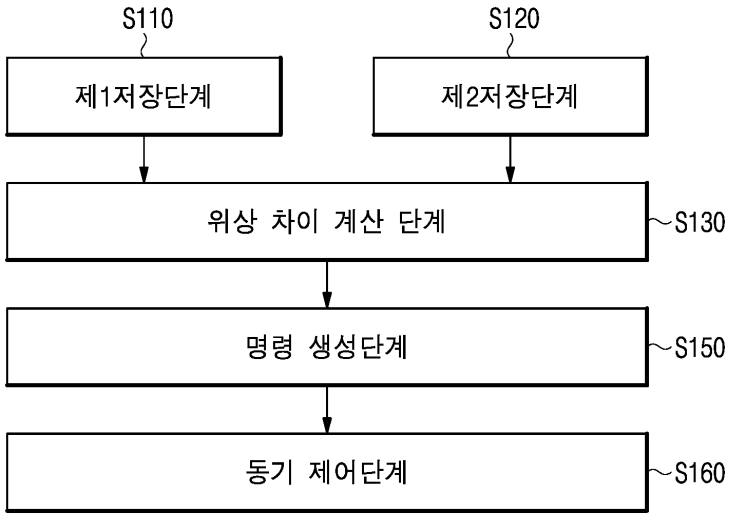
230: 위상 차이 계산부

240: 명령 생성부

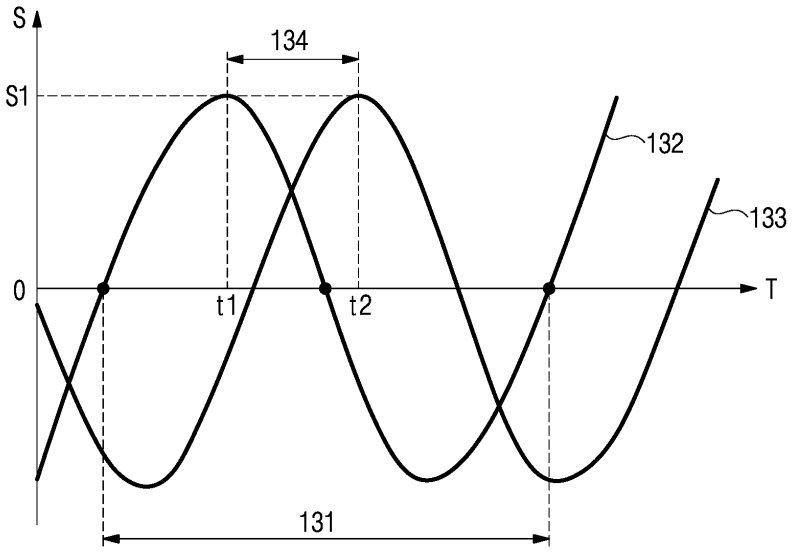
250: 동기 제어부

도면

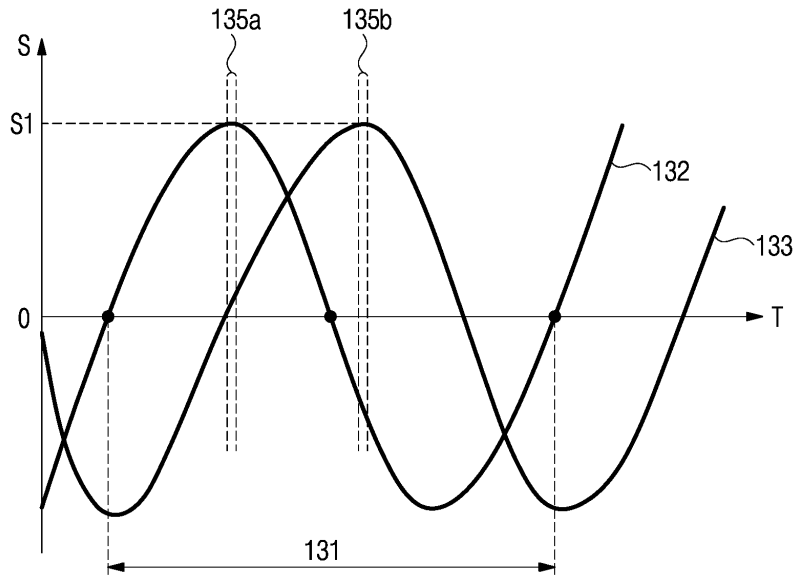
도면1



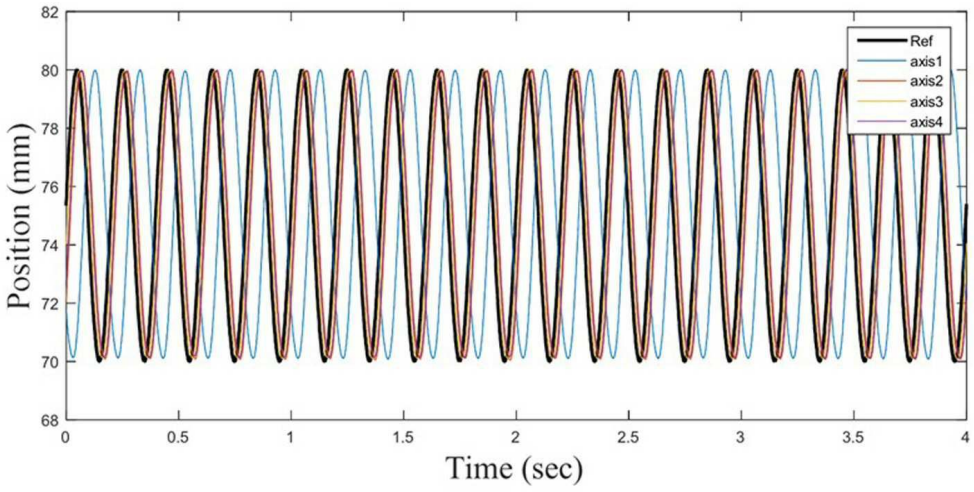
도면2



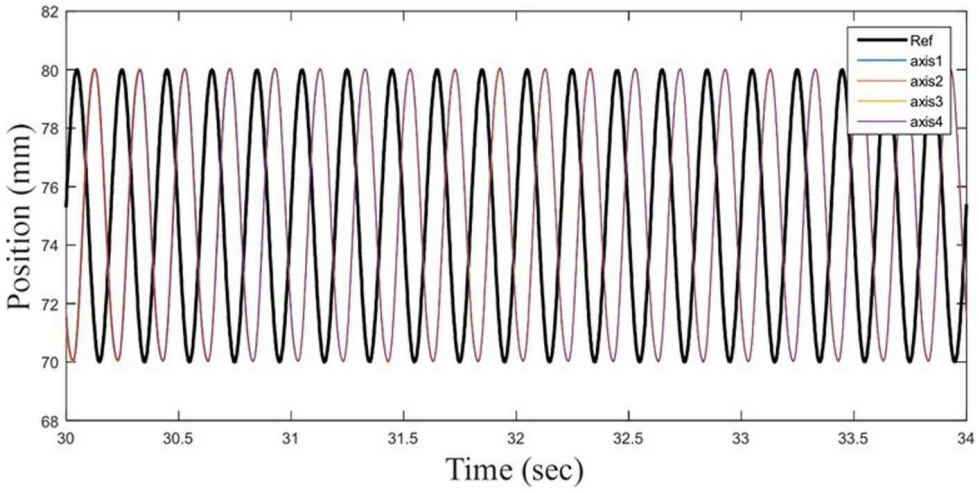
도면3



도면4

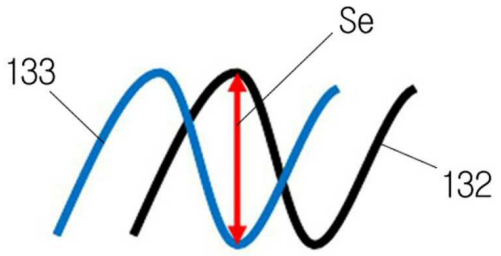

Ref
axis1
axis2
axis3
axis4
Position (mm)
Time (sec)
82
80
78
76
74
72
70
68
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4

(a)

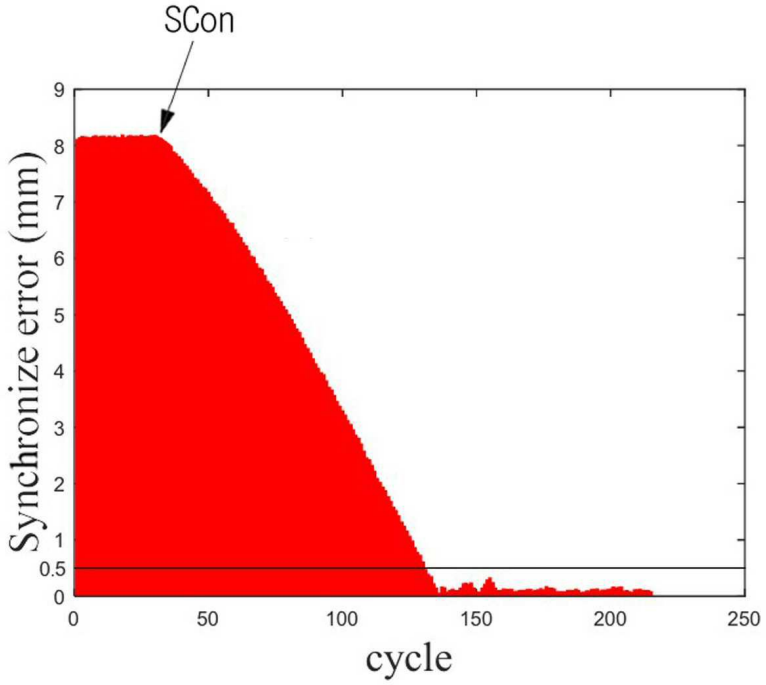

Ref
axis1
axis2
axis3
axis4
Position (mm)
Time (sec)
82
80
78
76
74
72
70
68
30
30.5
31
31.5
32
32.5
33
33.5
34

(b)

도면5

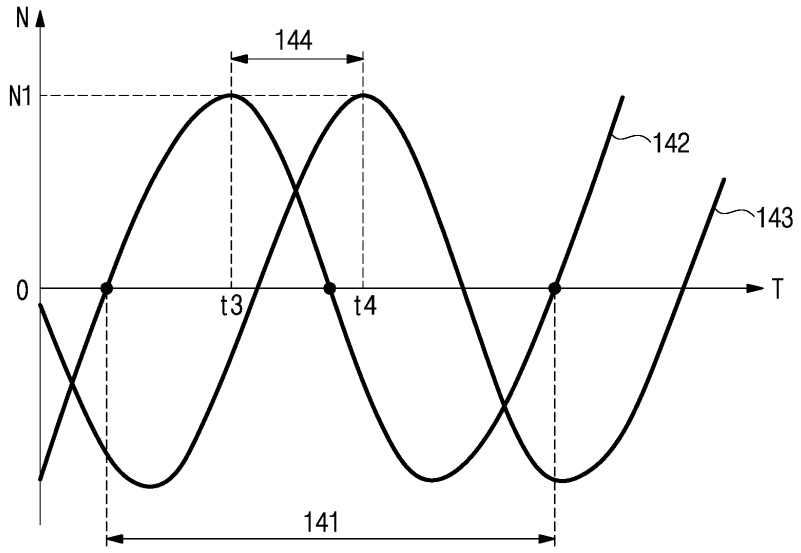

Se
133
132

(a)

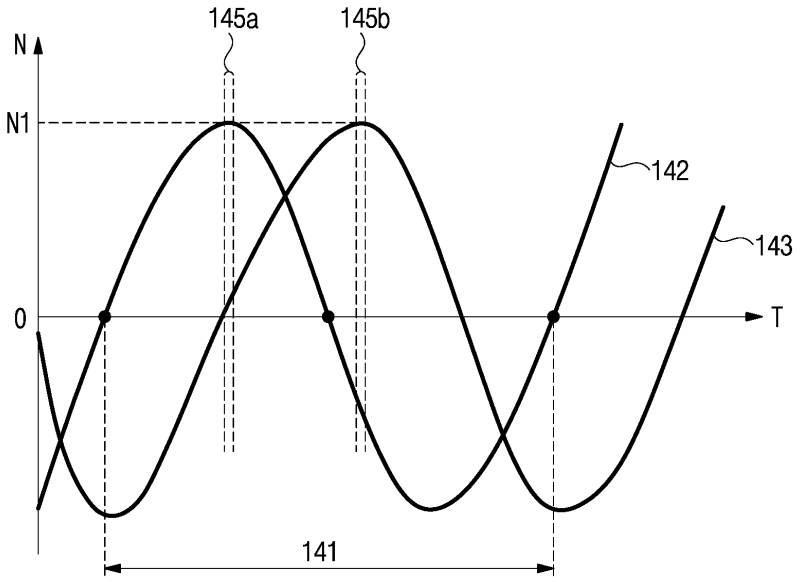

SCon
Synchronize error (mm)
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0.5
0
0
50
100
150
200
250
cycle

(b)

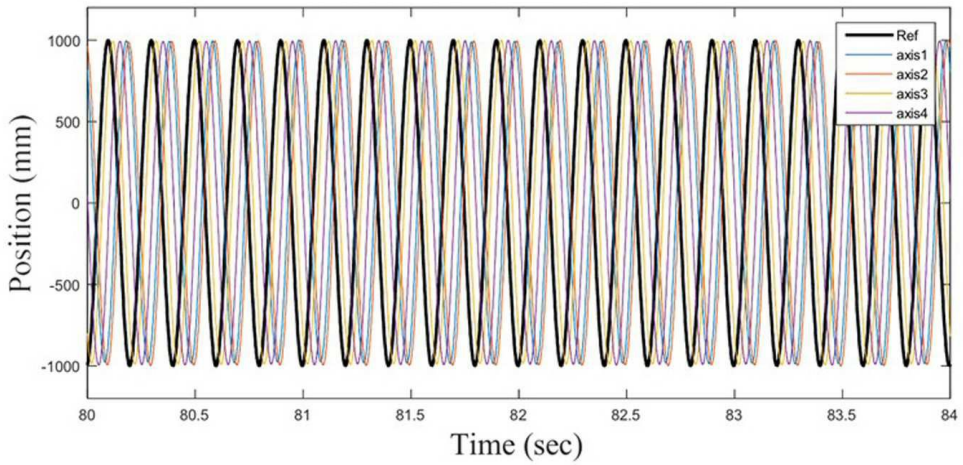
도면6



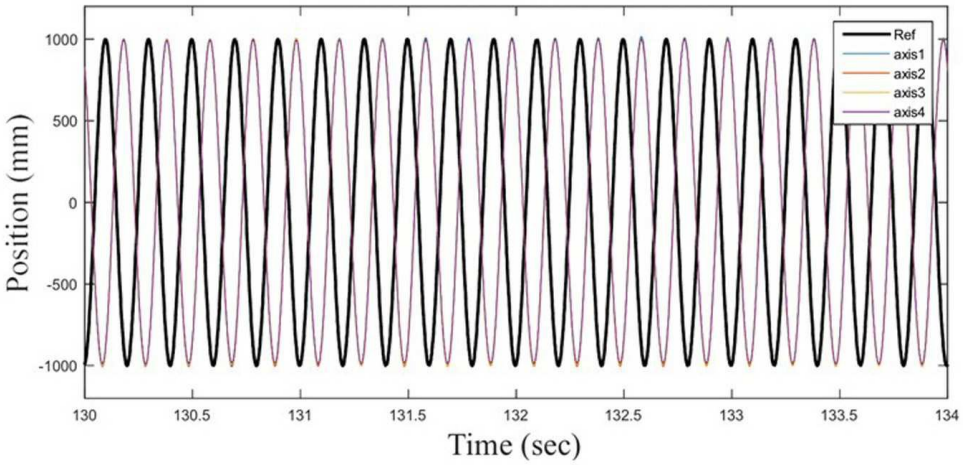
도면7



도면8

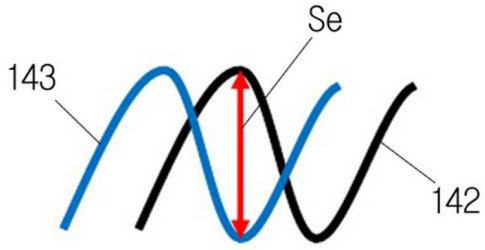

Ref
axis1
axis2
axis3
axis4
Position (mm)
1000
500
0
-500
-1000
80
80.5
81
81.5
82
82.5
83
83.5
84
Time (sec)

(a)

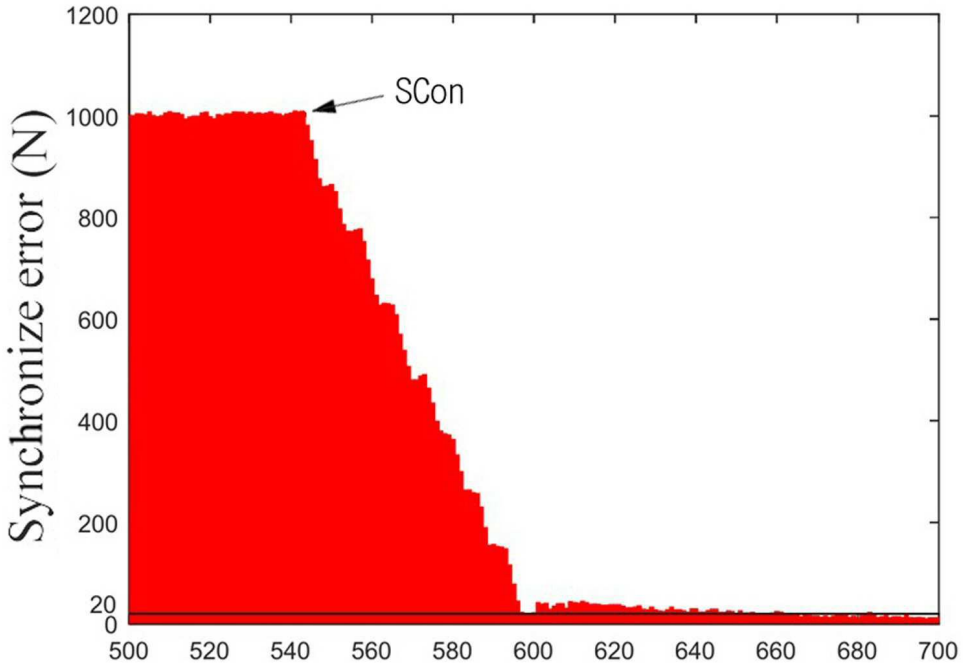

Ref
axis1
axis2
axis3
axis4
Position (mm)
1000
500
0
-500
-1000
130
130.5
131
131.5
132
132.5
133
133.5
134
Time (sec)

(b)

도면9


Se
143
142

(a)


Synchronize error (N)
1200
1000
800
600
400
200
20
0
SCon
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700

(b)

도면10

