



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0148443
(43) 공개일자 2024년10월11일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02P 25/064 (2016.01) H02K 41/03 (2006.01)
H02P 6/00 (2016.01) H02P 6/28 (2016.01)
- (52) CPC특허분류
H02P 25/064 (2021.08)
H02K 41/03 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7031959
- (22) 출원일자(국제) 2023년03월30일
심사청구일자 2024년09월25일
- (85) 번역문제출일자 2024년09월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2023/013167
- (87) 국제공개번호 WO 2023/195411
국제공개일자 2023년10월12일
- (30) 우선권주장
PCT/JP2022/017090 2022년04월05일 일본(JP)

- (71) 출원인
미쓰비시덴키 가부시카이가이샤
일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메 7반 3고
- (72) 발명자
사타케 아키라
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메 7반 3고
미쓰비시덴키 가부시카이가이샤 내
다카하시 겐지
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메 7반 3고
미쓰비시덴키 가부시카이가이샤 내
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
제일특허법인(유)

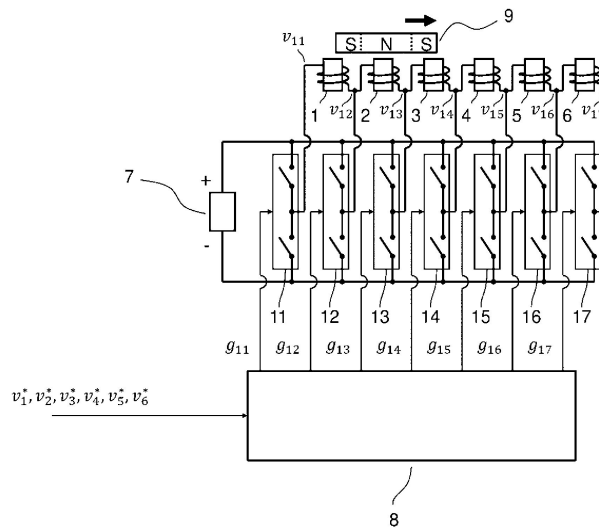
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 리니어 모터의 구동 장치 및 리니어 모터

(57) 요약

직렬로 접속된 복수의 코일(1-6)이 배열되도록 배치된 고정자와, 복수의 하프 브리지(11~17)를 갖고, 코일의 직렬체의 양단, 및 코일끼리의 각 접속점은, 각각, 상이한 하프 브리지의 출력점에 접속되고, 각 코일(1-6)에 교류 전압이 인가되는 리니어 모터의 구동 장치에 있어서, 각 코일(1-6)에 인가되는 전압의 각 인가 전압 지령에 기초하여, 각각의 하프 브리지(11~17)의 출력 전압 지령을 연산에 의해 구하는 하프 브리지 출력 전압 연산기(81)를 구비하고, 구한 각각의 하프 브리지 출력 전압 지령을 이용하여 각각의 하프 브리지(11~17)의 스위치를 제어하는 스위칭 신호를 구하는 스위칭 제어기(8)를 구비하도록 하였다.

대표도



(52) CPC특허분류

H02P 6/006 (2013.01)

H02P 6/28 (2016.02)

H02P 7/02 (2021.08)

(72) 발명자

가와세 다츠야

일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2쵸메 7반 3고
미쓰비시덴키 가부시키키가이샤 내

모리카와 히로키

일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2쵸메 7반 3고
미쓰비시덴키 가부시키키가이샤 내

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 코일이 배열되도록 배치된 고정자와, 상기 코일의 개수보다 하나 더 많은 개수의, 복수의 스위치의 직렬체로 구성되는 하프 브리지를 갖고,

상기 복수의 코일은 전기적으로 직렬로 접속되어 있고, 이 직렬로 접속된 코일의 직렬체의 양단, 및 코일끼리의 각 접속점은, 각각, 상이한 상기 하프 브리지의 출력점에 접속되고, 각각의 상기 하프 브리지의 양단이 직류 소스에 접속되고, 각 코일에 교류 전압이 인가되는 리니어 모터의 구동 장치에 있어서,

상기 복수의 코일의 각 코일에 인가되는 전압의 각 인가 전압 지령에 기초하여, 각각의 상기 하프 브리지의 출력 전압 지령을 연산에 의해 구하는 하프 브리지 출력 전압 연산기를 구비함과 아울러, 이 하프 브리지 출력 전압 연산기에 의해 구한 각각의 상기 하프 브리지에 대한 하프 브리지 출력 전압 지령을 이용하여 각각의 상기 하프 브리지의 스위치를 제어하는 스위칭 신호를 구하여 모든 상기 하프 브리지의 스위치의 구동을 제어하는 스위칭 제어기를 구비한

리니어 모터의 구동 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 각 인가 전압 지령은, 전압 파형으로서 주어지는

리니어 모터의 구동 장치.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 하프 브리지 출력 전압 연산기는, 상기 코일의 직렬체의 일단이 접속된 하프 브리지의 하프 브리지 출력 전압 지령으로부터 차례로, 상기 각 인가 전압 지령을 이용하여, 각각의 상기 하프 브리지 출력 전압 지령을 구하는

리니어 모터의 구동 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 하프 브리지 출력 전압 연산기는, 상기 코일의 직렬체의 일단이 접속된 하프 브리지의 하프 브리지 출력 전압 지령을 기준 전압으로 설정하고, 당해 하프 브리지에 접속된 상기 코일의 타단에 접속된 하프 브리지의 하프 브리지 출력 전압 지령으로부터 차례로, 상기 코일의 직렬체의 타단에 접속된 하프 브리지의 하프 브리지 출력 전압 지령까지, 상기 각 인가 전압 지령을 이용하여, 각각의 상기 하프 브리지 출력 전압 지령을 구하는

리니어 모터의 구동 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 하프 브리지 출력 전압 연산기는, 상기 기준 전압을 0으로 설정하는

리니어 모터의 구동 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 하프 브리지 출력 전압 연산기는, 상기 기준 전압을 0으로 설정하여 구한 각각의 상기 하프 브리지 출력 전압 지령에 기초하여 상기 기준 전압을 보정하여, 각각의 상기 하프 브리지 출력 전압 지령을 구하는 리니어 모터의 구동 장치.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 각 인가 전압 지령은, 상기 각 코일에 흐르는 전류의 측정값과, 상기 각 코일에 대한 각각의 전류 지령에 기초하여 작성되는

리니어 모터의 구동 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 각 인가 전압 지령은, 상기 복수의 코일마다 당해 코일에 흐르는 전류의 측정값과 당해 코일의 전류 지령의 편차를 입력으로 하는 적분 연산기를 갖는, 전류 제어기에 의해 작성되고, 상기 전류 제어기는, 복수의 상기 하프 브리지 중 변조율의 절댓값이 1을 넘는 하프 브리지에 접속되어 있는 코일에 대한 상기 적분 연산기의 적분 연산을 정지하거나, 또는 상기 적분 연산기의 그때까지의 적분값을 다른 값으로 갱신하는

리니어 모터의 구동 장치.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 고정자의 코일의 개수가 4 이상인

리니어 모터의 구동 장치.

청구항 10

청구항 1 내지 청구항 9 중 어느 한 항에 기재된 리니어 모터의 구동 장치와, 상기 고정자와 간격을 갖고 움직일 수 있게 마련된 가동자를 구비한 리니어 모터에 있어서,

상기 가동자의 자극 피치는, 상기 고정자에 있어서의 인접하는 코일 사이의 거리의 2.5배 이하인

리니어 모터.

청구항 11

청구항 1 내지 청구항 9 중 어느 한 항에 기재된 리니어 모터의 구동 장치와, 상기 고정자와 간격을 갖고 움직일 수 있게 마련된 복수의 가동자를 구비한 리니어 모터에 있어서,

상기 각 인가 전압 지령은, 상기 코일의 직렬체에 대응하는 위치에 적어도 2개의 가동자가 존재하는 경우의 각 인가 전압 지령을 포함하는

리니어 모터.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 가동자의 자극 피치는, 상기 고정자에 있어서의 인접하는 코일 사이의 거리의 2.5배 이하인

리니어 모터.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은, 리니어 모터의 구동 장치 및 리니어 모터에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 리니어 모터는, 복수의 코일이 배열된 고정자와, 이 고정자와 간격을 두고 배치되고, 고정자의 코일이 배열된 방향으로 이동하는 영구자석으로 구성되는 가동자로 구성되어 있다. 이 리니어 모터에 있어서, 고정자의 각 코일에 흐르는 전류를 개별적으로 제어하는 것에 의해, 특히 복수의 가동자를 독립적으로 제어하여, 리니어 모터에 새로운 부가 가치를 제안하는 기술이 제품화되어 있다. 종래의 기술에서는, 각 코일의 전류의 개별 제어를 실현하기 위해, 코일마다 풀 브리지 혹은 하프 브리지의 단상 인버터를 접속하고, 각 코일에 개별적으로 전압을 인가하는 방식이 이용되고 있다(예컨대 특허문헌 1, Fig. 2a, Fig. 2b).

[0003] 또한, 직류 리니어 모터에 있어서, 배열되어 있는 복수의 코일을 전기적으로 직렬로 접속하고, 코일끼리의 접속점에, 각각 스위치가 직렬 접속된 하프 브리지 회로의 출력점을 접속하고, 각 하프 브리지의 입력에 직류 전원의 전압을 인가하여, 각 스위치를 위치 센서의 신호를 입력으로 하는 논리 회로에 의해 제어하여 각 코일에 직류 전류를 흐르게 하여 구동하는 방식의 리니어 모터의 구동 장치가 알려져 있다(예컨대 특허문헌 2).

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 미국 특허 명세서 제 2019/0386588호
 (특허문헌 0002) 특허문헌 2: 일본 특허 공개 쇼와 64-1466호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 특허문헌 1에 개시되어 있는 방식에 있어서는, 각 코일에 인가할 수 있는 전압 파형의 자유도는 높지만, 1개의 코일에 하프 브리지와 같이 2개의 스위치를 이용한 경우는, 코일에 인가할 수 있는 전압 최댓값이 직류 전원의 전압의 절반으로 제약된다. 또한, 코일에 직류 전원의 전압을 양과 음으로 인가하기 위해서는 풀 브리지와 같이, 1개의 코일에 4개의 스위치가 필요하고, 하프 브리지를 이용하는 경우에 비하여 스위치의 수가 두 배로 증가한다.

[0006] 한편, 특허문헌 2에 개시되어 있는 리니어 모터의 구동 방식은, 직류 리니어 모터에 있어서의 브러시에 의한 플러스 전원 혹은 마이너스 전원으로의 도통을, 단순히 하프 브리지의 스위치 전환으로 대체한 구동 방식에 불과하다. 따라서, 각 코일에 임의의 전압을 인가할 수 없고, 가동자의 움직임의 제어의 자유도가 매우 낮다.

[0007] 본원은, 상기와 같은 과제를 해결하기 위해 이루어진 것이고, 스위치의 수가 적고, 각 코일에 인가하는 전압 파형의 자유도가 높고, 직류 전원의 전압을 양과 음으로 인가할 수 있고, 가동자의 움직임의 제어의 자유도가 높은 리니어 모터의 구동 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본원에 개시되는 리니어 모터의 구동 장치는, 복수의 코일이 배열되도록 배치된 고정자와, 상기 코일의 개수보다 하나 더 많은 개수의, 복수의 스위치의 직렬체로 구성되는 하프 브리지를 갖고, 상기 복수의 코일은 전기적으로 직렬로 접속되어 있고, 이 직렬로 접속된 코일의 직렬체의 양단, 및 코일끼리의 각 접속점은, 각각, 상이한 상기 하프 브리지의 출력점에 접속되고, 각각의 상기 하프 브리지의 양단이 직류 소스에 접속되고, 각 코일에 교류 전압이 인가되는 리니어 모터의 구동 장치에 있어서, 상기 복수의 코일의 각 코일에 인가되는 전압의 각 인가 전압 지령에 기초하여, 각각의 상기 하프 브리지의 출력 전압 지령을 연산에 의해 구하는 하프 브리지 출력 전압 연산기를 구비함과 아울러, 이 하프 브리지 출력 전압 연산기에 의해 구한 각각의 상기 하프 브리지에 대한 하프 브리지 출력 전압 지령을 이용하여 각각의 상기 하프 브리지의 스위치를 제어하는 스위칭 신호를 구하여 모든 상기 하프 브리지의 스위치의 구동을 제어하는 스위칭 제어기를 구비한 것이다.

발명의 효과

[0009] 본원에 따르면, 스위치의 수가 적고, 각 코일에 인가하는 전압 파형의 자유도가 높고, 직류 전원의 전압을 양과 음으로 인가할 수 있고, 가동자의 움직임의 제어의 자유도가 높은 리니어 모터의 구동 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 도 1은 실시의 형태 1에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 구성을 나타내는 모식적인 회로도이다.
- 도 2는 일반적인 리니어 모터의 구성을 나타내는 모식도이다.
- 도 3은 실시의 형태 1에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 구성을, 가동자를 포함하여 나타내는 블록도이다.
- 도 4는 실시의 형태 1에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 스위칭 제어기의 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 5는 실시의 형태 1에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 코일에 발생하는 유도 전압의 파형의 일례를 나타내는 그래프이다.
- 도 6은 실시의 형태 1에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 스위칭 동작의 일례를 파형으로 나타내는 도면이다.
- 도 7은 실시의 형태 2에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.
- 도 8은 실시의 형태 2에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 코일에 발생하는 유도 전압의 파형의 일례를 나타내는 그래프이다.
- 도 9는 실시의 형태 3에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 하프 브리지 출력 전압 연산기(81)의 내부 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 10은 실시의 형태 3에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 코일에 발생하는 유도 전압의 파형의 일례를 나타내는 그래프이다.
- 도 11은 실시의 형태 3에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 코일에 발생하는 유도 전압의 파형의 다른 예를 나타내는 그래프이다.
- 도 12는 실시의 형태 3에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 코일에 발생하는 유도 전압의 파형의 또 다른 예를 나타내는 그래프이다.
- 도 13은 실시의 형태 4에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.
- 도 14는 실시의 형태 4에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 다른 구성을 나타내는 블록도이다.
- 도 15는 실시의 형태 4에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 도 14의 구성에 있어서의 코일 전류 연산기의 내부 구조를 나타내는 블록도이다.
- 도 16은 실시의 형태 5에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.
- 도 17은 실시의 형태 5에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 스위칭 제어기의 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 18은 실시의 형태 5에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 코일에 발생하는 유도 전압의 파형의 일례를 나타내는 그래프이다.
- 도 19는 실시의 형태 5에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 코일에 발생하는 유도 전압의 파형의 다른 예를 나타내는 그래프이다.
- 도 20은 실시의 형태 5에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 코일에 발생하는 유도 전압의 파형의 또 다른 예를 나타내는 그래프이다.
- 도 21은 실시의 형태 5에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 코일에 발생하는 유도 전압의 파형의 또 다른 예를 나타내는 그래프이다.
- 도 22는 실시의 형태 5에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 도 16의 구성에 있어서의 전류 제어기(100)의 내부 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 23은 실시의 형태 5에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 도 22의 구성에 있어서의 적분 연산기(1030~1035)의 내부 구조를 나타내는 도면이다.
- 도 24는 실시의 형태 5에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 코일에 인가되는 전압 및 전류 파형의 일례를 나타내

는 그래프이다.

도 25는 실시의 형태 5에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 코일에 인가되는 전압 및 전류 파형의 다른 예를 나타내는 그래프이다.

도 26은 본원의 리니어 모터의 구동 장치의 스위칭 제어기의 구체적인 구성의 일례를 나타내는 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 실시의 형태 1.

[0012] 도 1은 실시의 형태 1에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 구성을 나타내는 모식적인 회로도, 도 2는 일반적인 리니어 모터의 구성을 나타내는 모식도이다. 리니어 모터는 도 2에 나타내는 바와 같이, 고정자(20)와, 이 고정자(20)와 간격을 두고 배치되고, 영구자석으로 구성되는 가동자(9)로 구성되어 있다. 고정자(20)는 복수의 코일을 배열하여 배치한 구성으로 되어 있고, 가동자(9)는, 고정자(20)의 코일이 배열된 방향으로 이동한다. 도 1에 있어서, 코일(1) 내지 코일(6)은, 리니어 모터의 고정자(20)에 감겨 있는 코일이다. 한쪽의 단에 배치되어 있는 코일(1)의 일단은 직렬로 접속된 스위치(11a)와 스위치(11b)의 접속점에 접속되고, 코일(1)의 타단은 코일(2)의 일단, 및 직렬로 접속된 스위치(12a)와 스위치(12b)의 접속점에 접속된다. 코일(2)의 타단은 코일(3)의 일단, 및 직렬로 접속된 스위치(13a)와 스위치(13b)의 접속점에 접속된다. 동일하게, 코일(3, 4, 5, 6)은 직렬로 접속되면서, 아울러 코일끼리의 접속점은, 직렬로 접속된 스위치(14a)와 스위치(14b), 스위치(15a)와 스위치(15b), 스위치(16a)와 스위치(16b)의 각각의 접속점에 접속된다. 다른 쪽의 단에 배치되어 있는 코일(6)의 타단은, 직렬로 접속된 스위치(17a)와 스위치(17b)의 접속점에 접속된다. 또한 직렬로 접속된 스위치의 양단은, 공통의 직류 전원(7)의 플러스(+) 측 및 마이너스(-) 측에 접속되어 급전된다.

[0013] 이와 같이 실시의 형태 1에 따른 리니어 모터의 구동 장치에 있어서는, 리니어 모터 고정자의 각 코일이 직렬로 접속됨과 아울러, 그 코일의 직렬체의 양단 및 코일끼리의 접속점에 복수의 스위치가 직렬로 접속된 하프 브리지의 출력이 접속된다. 도 1에 나타내는 리니어 모터의 구동 장치에서는 코일의 수가 6인 고정자의 예를 나타내고 있지만, 본원이 개시하는 리니어 모터의 구동 장치는, 코일의 수는 임의이고, N개의 코일에 대하여 N+1개의 하프 브리지 회로가 접속되는 구성이다. 단 복수의 독립적인 고정자 코일을 갖는 효과가, 실제의 가동자의 이동 동작에 반영되게 하려면, 일반적으로 코일의 수는 4 이상일 필요가 있으므로, 본원이 개시하는 리니어 모터의 구동 장치가 유효하게 되는 것은 코일의 수가 4 이상, 하프 브리지 회로의 수가 5 이상인 경우이다.

[0014] 실시의 형태 1에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 기본적인 동작에 대하여 설명한다. 코일(1)과, 스위치(11a)와 스위치(11b) 및 스위치(12a)와 스위치(12b)는 풀 브리지 회로를 구성하므로, 4개의 스위치(11a, 11b, 12a, 12b)의 전환에 의해, 코일(1)에 직류 전원(7)의 전압 V_{dc} 를 정방향/역방향으로 인가할 수 있고, 또한 고속으로 스위치를 전환하는 것에 의해, 평균하여 보면 중간적인 전압을 코일에 인가할 수도 있다. 동일하게, 각 코일의 양단에 접속된 스위치에 의해 풀 브리지 회로가 구성되므로, 도 1의 구동 회로에 의하면 각 코일에, 예컨대 특허 문헌 1에 기재되어 있는 종래의 풀 브리지 회로와 동일하게, 진폭의 최대 전압이 $-V_{dc}$ 로부터 $+V_{dc}$ 의 범위인 교류의 전압을 코일에 인가할 수 있다. 물론, 제어하는 가동자의 움직임에 따라서는, 특정한 코일에, 교류의 플러스 측 또는 마이너스 측의 전압만이 인가되는 경우도 있다.

[0015] 한편, 스위치의 수를 비교하면, 종래의, 각각의 코일에 1개의 풀 브리지 회로를 접속하는 구성에서는 코일의 수의 4배의 수의 스위치가 필요하였던 것에 비하여, 실시의 형태 1에 따른 리니어 모터의 구동 장치에서는, (코일의 수 + 1) × 2의 스위치로 구성하는 것이 가능하다. 예컨대 도 1에 나타내는 코일의 수 6의 경우, 종래의 풀 브리지 회로에서는 스위치 24개가 필요하였던 것에 비하여, 도 1의 회로에서는 스위치의 수 14개로 구동 회로를 구성하는 것이 가능하여, 스위치의 수를 대폭 줄일 수 있는 것을 알 수 있다.

[0016] 다음으로 실시의 형태 1에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 동작에 대하여 설명한다. 도 3은 리니어 모터의 가동자(9)를 포함하여 나타내는, 실시의 형태 1에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 구성을 나타내는 블록도이다. 도 3에 있어서, 리니어 모터의 가동자(9)는 영구자석 자극(N극, S극)을 구비한 예를 나타내고 있고, 이 가동자(9)의 위치, 속도, 및 발생시키려는 추력에 따라, 각 코일(1~6)에 인가하는 전압은 변화한다. 또 도 3에 있어서는, 스위치(11a)와 스위치(11b)는 합쳐서 하프 브리지(11)로서 나타내고 있고, 다른 하프 브리지(12~17)도 동일하게 표기하고 있다.

[0017] 리니어 모터를 제어하기 위해 각 코일(1, 2, 3, 4, 5, 6)에 인가하는 각각의 인가 전압 지령은 v_1^* , v_2^* , v_3^* ,

v_4^* , v_5^* , v_6^* 로 표현된다. 스위칭 제어기(8)는 이들 인가 전압 지령 $v_1^* \sim v_6^*$ 에 기초하여 스위칭 신호 g_{11} , g_{12} , g_{13} , g_{14} , g_{15} , g_{16} , g_{17} 을 산출하여 각 하프 브리지(11~17)에 출력한다. 각 하프 브리지는 스위칭 신호가 1이면 위쪽 스위치를 ON, 아래쪽 스위치를 OFF로, 스위칭 신호가 0이면 반대로 위쪽 스위치를 OFF, 아래쪽 스위치를 ON으로 한다.

[0018] 도 4는 실시의 형태 1에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 스위칭 제어기(8)의 구조를 나타내는 도면이다. 각 코일의 인가 전압 지령 $v_1^* \sim v_6^*$ 는 하프 브리지 출력 전압 연산기(81)에 입력되고, 내부의 가산기에 의해 이하의 식으로 표현되는 각 하프 브리지 출력 전압 지령 v_{11}^* , v_{12}^* , v_{13}^* , v_{14}^* , v_{15}^* , v_{16}^* , v_{17}^* 로 환산된다. 인가 전압 지령은, 코일 우측 단자가 플러스, 코일 좌측 단자가 마이너스로서 정의되어 있는 것으로 한다. 여기서, 6개의 코일의 직렬체의 일단이 접속되는 하프 브리지(11)(제 1 하프 브리지라고도 칭한다)의 하프 브리지 출력 전압 지령 v_{11}^* 는, 기준 전압으로서 0으로 설정된다. 또, 인가 전압 지령은, 각 코일에 대한 가동자의 위치와 속도, 코일에 흐르게 하는 소망하는 전류값 등으로부터, 리니어 모터의 특성 파라미터를 이용하여, 코일마다 산출되고, 산출된 인가 전압 지령을 $v_1^* \sim v_6^*$ 로 한다.

[0019]
$$v_{11}^* = 0$$

[0020]
$$v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^*$$

[0021]
$$v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^*$$

[0022]
$$v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^*$$

[0023]
$$v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^*$$

[0024]
$$v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^*$$

[0025]
$$v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^*$$

[0026] 이들 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 에 변조율 연산기(82)에 의해 각각 게인인 $2/V_{dc}$ 가 곱하여져, 각 하프 브리지의 변조율 $m_{11} \sim m_{17}$ 이 산출된다. 여기서 V_{dc} 는 직류 전원(7)이 출력하는 각 하프 브리지로의 인가 전압이다.

[0027] 캐리어 발생기(84)는, 펄스 폭 변조를 행하는 반송파 c , 예컨대 삼각파를 발생시키고, 도 4의 경우는 변조율 연산기(82)의 게인과의 관계에 따라, 그 삼각파는 -1과 1 사이에서 변화한다. 비교기(83)는, 변조율 연산기(82)로부터 입력된 각 하프 브리지 변조율 $m_{11} \sim m_{17}$ 과, 캐리어 발생기(84)로부터 입력된 반송파 c 의 크기를 비교하고, 변조율이 큰 경우는 1을, 반송파가 큰 경우는 0을, 스위칭 신호 $g_{11} \sim g_{17}$ 로서 각 하프 브리지에 출력한다.

[0028] 도 3에 나타내는 바와 같이 가동자(9)가 코일(1~3) 위를 일정 속도로 이동한 경우에, 가동자(9)의 영구자석 자속으로 인해 코일에 발생하는 유도 전압의 파형을 도 5에 나타낸다. 도 5에 있어서, 코일(1)의 유도 전압은 v_1 , 코일(2)의 유도 전압은 v_2 , 코일(3)의 유도 전압은 v_3 으로 도시되어 있고, 가로축은 시각 t 의 경과를 나타내고 있다. 도 3에 나타내는 리니어 모터에 있어서는, 가동자(9)의 자극 피치(N극 중앙과 S극 중앙의 거리)와, 독립적으로 감긴 인접하는 각 코일 사이의 거리는 동일하고, 따라서 도 5에 나타내는 바와 같이, 가동자(9)가 특정한 코일을 통과할 때에 발생하는 유도 전압이 정현파의 1주기인 것으로 하면, 인접하는 코일의 유도 전압은 이 정현파의 위상이 180° 이동된 파형이 된다.

[0029] 이때, 예컨대 가동자(9)가 추력을 발생시키지 않도록 하려면, 각 코일에 흐르는 전류를 0으로 하면 되고, 이를 위해서는 각 코일에 유도 전압과 동일한 전압을 인가하면 된다. 이 경우, 도 5의 시각 t_1 에 있어서는, 각 코일

의 인가 전압 지령 $v_1^* \sim v_6^*$ 는 이하와 같다. 또 도 5에는 도시되어 있지 않지만, 시각 t_1 에 있어서의 코일(4, 5, 6)의 인가 전압은 모두 0이다.

[0030] $v_1^* = a$

[0031] $v_2^* = -a$

[0032] $v_3^* = 0$

[0033] $v_4^* = 0$

[0034] $v_5^* = 0$

[0035] $v_6^* = 0$

[0036] 이 인가 전압 지령이 스위칭 제어기(8)의 하프 브리지 출력 전압 연산기(81)에 입력되어, 이하의 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 가 산출된다.

[0037] $v_{11}^* = 0$

[0038] $v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = a$

[0039] $v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = 0$

[0040] $v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = 0$

[0041] $v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = 0$

[0042] $v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = 0$

[0043] $v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$

[0044] 도 6은 상기에 설명한 구동 회로의 스위칭 동작의 예를 파형으로 나타낸 것이다. 이 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 로부터 변조율 연산기(82)가 각 하프 브리지 변조율 $m_{11} \sim m_{17}$ 을 산출하고, 이 변조율과 반송파 c 로부터 비교기(83)가 스위칭 신호 $g_{11} \sim g_{17}$ 을 생성한다. 상기와 같이 변조율은, 하프 브리지 출력 전압 지령에 계인인 $2/V_{dc}$ 를 곱한 것, 즉 하프 브리지 출력 전압 지령을 $V_{dc}/2$ 로 나눈 것이고, 예컨대 변조율이 0.5인 하프 브리지는 플러스 측의 스위치를 반송파의 주기의 50%의 기간 동안 ON으로 유지하고, 변조율이 -0.5인 하프 브리지는 마이너스 측의 스위치를 반송파의 주기의 50%의 기간 동안 ON으로 유지한다. 또한, 예컨대 변조율이 1인 경우, 하프 브리지는 변조율이 1인 기간 동안 플러스 측의 스위치를 ON으로 유지하고, 변조율이 -1인 경우, 하프 브리지는 변조율이 -1인 기간 동안 마이너스 측의 스위치를 ON으로 유지한다. 변조율이 1을 넘은 경우, 변조율이 1인 경우와 동일하게, 하프 브리지는 변조율이 1을 넘은 기간 동안 플러스 측의 스위치를 ON으로 유지한다. 변조율이 -1을 넘은 경우, 변조율이 -1일 때와 동일하게, 하프 브리지는 변조율이 -1을 넘은 기간 동안 마이너스 측의 스위치를 ON으로 유지한다. 이와 같이, 변조율은 하프 브리지에 구비된 플러스 측 또는 마이너스 측의 스위치를 ON으로 하는 기간의 비율이다. 이 변조율에 기초한 스위칭 신호에 의해 각 하프 브리지가 구동되고, 도 3에 나타낸 하프 브리지 출력점으로부터 전압 $v_{11} \sim v_{17}$ 이 코일(1~6)의 양단에 인가된다. 도 6에 각 하프 브리지 출력점의 전압을 나타내지만, 각 코일에 인가되는 전압은 코일 양단에 접속된 하프 브리지 출력의 전압의 차이이고, 도 6에 나타낸 코일 인가 전압 v_1, v_2 와 같이, 평균적으로는 각 코일의 인가 전압 지령에 상당하는 전압이 인가되고, 코일(3, 4, 5, 6)은 코일 양단의 하프 브리지 출력점의 전압이 동일하므로, 코일 인가 전압은 0이다. 상

기 설명에서는 가동자(9)에 의해 발생하는 추력을 0으로 하는 경우에 대하여 설명하였지만, 각 코일의 인가 전압 지령을 조작하는 것에 의해, 가동자(9)가 소망하는 추력을 발생시키게 하거나, 혹은 소망하는 동작을 행하게 하는 것이 가능하다. 또 이상의 설명에서는, $-V_{dc}$ 와 $+V_{dc}$ 사이의 중간적인 전압을 발생시킬 때에, 삼각파에 의한 펄스 폭 변조를 행하는 방법에 대하여 설명하였지만, 그 이외의 전압 생성 방법을 이용하더라도 효과를 갖는 것은 말할 필요도 없다.

[0045] 이상과 같은 동작에 의해, 실시의 형태 1에 따른 리니어 모터의 구동 장치는, 예컨대 특허문헌 1에 기재되어 있는 종래의 풀 브리지 회로를 이용한 구동 장치에 비하여, 필요한 스위치의 수를 대폭 줄이면서, 종래의 풀 브리지 회로와 동일하게, 각 코일에 대하여 직류 전원의 전압까지의 크기를 갖는 플러스 혹은 마이너스의 임의의 전압을 인가할 수 있다. 이것에 의해, 구동 회로의 크기, 비용을 줄이면서, 종래 방식과 동일한 제어의 자유도를 갖는 리니어 모터의 구동 장치를 실현하는 것이 가능하게 된다.

[0046] 실시의 형태 2.

[0047] 도 7은 실시의 형태 2에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 구성을 나타내는 블록도이고, 2개의 가동자(9a, 9b)를 구동하는 경우의 예를 나타내고 있다. 도 7에 나타난 위치에 가동자(9a, 9b)가 있고, 각각 화살표의 방향으로 일정 속도로 이동하고 있고, 가동자(9a)는 가동자(9b)의 절반의 속도로 이동하고 있는 경우, 가동자의 영구자석 자속에 의해 코일에 발생하는 유도 전압의 파형을 도 8에 나타낸다. 도 8에 있어서, 코일(1)의 유도 전압은 v_1 , 코일(2)의 유도 전압은 v_2 , 코일(3)의 유도 전압은 v_3 , 코일(4)의 유도 전압은 v_4 , 코일(5)의 유도 전압은 v_5 , 코일(6)의 유도 전압은 v_6 으로 도시되어 있다. 도 7에 나타내는 리니어 모터에서는, 가동자의 자극 피치와 각 코일 사이의 거리의 관계는 도 3과 동일하고, 일정 속도로 움직이는 가동자가 발생시키는 유도 전압은 인접하는 코일에서 정현파의 위상이 180° 이동된 파형이 되고, 그 정현파의 진폭은 가동자의 이동 속도에 비례한다. 도 8에서는, 가동자(9b)가 코일에 발생시키는 유도 전압의 진폭을 a 로 나타내고 있다.

[0048] 이때, 예컨대 가동자(9a, 9b)가 추력을 발생시키지 않도록 하려면, 각 코일에 흐르는 전류를 0으로 하면 되고, 이를 위해서는 각 코일에 유도 전압과 동일한 전압을 인가하면 된다. 이 경우, 도 8의 시각 t_2 에 있어서는, 각 코일의 인가 전압 지령 $v_1^* \sim v_6^*$ 는 이하와 같다.

[0049] $v_1^* = a/2$

[0050] $v_2^* = -a/2$

[0051] $v_3^* = 0$

[0052] $v_4^* = 0$

[0053] $v_5^* = a$

[0054] $v_6^* = -a$

[0055] 이 인가 전압 지령이 스위칭 제어기(8)의 하프 브리지 출력 전압 연산기(81)에 입력되어, 이하의 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 가 산출된다.

[0056] $v_{11}^* = 0$

[0057] $v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = a/2$

[0058] $v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = 0$

[0059] $v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = 0$

[0060] $v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = 0$

[0061] $v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = a$

[0062] $v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$

[0063] 이상의 각 하프 브리지 출력 전압 지령에 따라서, 실시의 형태 1과 동일하게 스위칭 제어기(8)가 발생시킨 신호에 의해 각 하프 브리지(11~17)가 동작하고, 소망하는 전압이 각 코일에 인가된다. 이상의 설명에서는 가동자(9a, 9b)에 의해 발생하는 추력을 0으로 하는 경우에 대하여 설명하였지만, 각 코일의 인가 전압 지령을 조작하는 것에 의해, 가동자(9a, 9b)가 소망하는 추력을 발생시키게 하거나, 혹은 소망하는 동작을 행하게 하는 것이 가능하다. 또 상기 설명의 예에서는, 가동자가 2개, 코일이 6개인 경우에 대하여 설명하였지만, 보다 많은 복수의 가동자와 코일의 조합으로도, 동작 가능한 것은 말할 필요도 없다. 즉, 직렬 접속된 코일의 직렬체에 대응하는 위치에 적어도 2개의 가동자가 존재하는 경우의 각 코일의 인가 전압 지령을 포함하여 제어함으로써, 복수의 가동자가 소망하는 동작을 행하게 할 수 있다.

[0064] 이상과 같은 동작에 의해, 실시의 형태 2에 따른 리니어 모터의 구동 장치는, 예컨대 특허문헌 1에 기재되어 있는 종래의 구동 장치에 비하여, 필요한 스위치의 수를 대폭 줄이면서, 가동자의 움직임의 제어의 자유도를 높게 하고, 종래의 회로와 동일하게, 복수의 가동자가 소망하는 동작을 행하게 하는 것이 가능하다. 이것에 의해, 구동 회로의 크기, 비용을 줄이면서, 종래 방식과 동일한 기능을 실현하는 것이 가능하게 된다.

[0065] 실시의 형태 3.

[0066] 도 9는 실시의 형태 3에 따른 리니어 모터의 구동 장치에 있어서의 하프 브리지 출력 전압 연산기(81)의 내부 구조를 나타내는 도면이고, 다른 부분에 대해서는 실시의 형태 1 및 2와 동일하다. 도 9에 나타내는 하프 브리지 출력 전압 연산기(81)의 효과를 나타내기 위해, 우선 본원에 있어서의 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 의 특성에 대하여 설명한다. 실시의 형태 1에서 설명한 바와 같이, 도 3에 나타내는 바와 같은, 가동자(9)의 자극 피치(N극 중앙과 S극 중앙의 거리)와, 독립적으로 감긴 인접하는 각 코일 사이의 거리가 동일한 리니어 모터에 있어서는, 가동자(9)가 코일 위를 일정 속도로 이동한 경우에는, 가동자(9)의 영구자석 자속으로 인해 각 코일에 도 5에 나타내는 바와 같은 유도 전압이 발생하고, 이것에 의해 시각 t_1 에서 필요하게 되는 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 를 다시 나열하면 이하와 같다.

[0067] $v_{11}^* = 0$

[0068] $v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = a$

[0069] $v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = 0$

[0070] $v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = 0$

[0071] $v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = 0$

[0072] $v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = 0$

[0073] $v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$

[0074] 이 시각 t_1 은 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 의 최댓값과 최솟값의 차이가 가장 커지는 시점 중 하나이고, 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 는 최댓값이 a , 최솟값이 0이고, 이 경우 하프 브리지 출력 전압 지령이 양의 값 쪽으로 치우쳐 있는 것을 알 수 있다. 하프 브리지 출력 전압 지령이 치우치는 것에 의해 변조율의 절댓값이 커진다. 도 6에 나타낸 반송파와 변조율의 관계에 있어서, 변조율이 반송파의 피크인 1보다 크거나, 혹은 -1보다 작아지면, 하프 브리지 출력 전압이 변조율을 따르지 않게 되어, 올바른 전압을 출력할 수

없게 된다.

[0075] 하프 브리지 출력 전압 지령의 치우침을 수정하여 하프 브리지 출력 전압을 최대한 확보하려면, 하프 브리지 출력 전압 지령의 기준인 v_{11}^* 에 기준 전압으로서의 0이 아닌 적절한 값을 주면 된다. 예컨대 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 의 최댓값은 a , 최솟값은 0이므로, 이 최댓값과 최솟값의 평균인 $a/2$ 를 캔슬하는 값 $-a/2$ 를, 보정한 기준 전압으로서 새롭게 하프 브리지(11)의 출력 전압 지령 v_{11}^* 에 주면 된다. 이것에 의해 보정된 보정 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^{**} \sim v_{17}^{**}$ 는 이하와 같다. 이상의 처리에 의해, 하기의 결과와 같이 코일의 인가 전압 지령 $v_1^* \sim v_6^*$ 를 유지하면서 하프 브리지 출력 전압 지령의 최댓값이 $a/2$, 최솟값이 $-a/2$ 로 보정되어, 하프 브리지 출력 전압 지령의 치우침이 없어진 것을 이해할 수 있다.

[0076]
$$v_{11}^{**} = -a/2$$

[0077]
$$v_{12}^{**} = v_{11}^{**} + v_1^* = a/2$$

[0078]
$$v_{13}^{**} = v_{12}^{**} + v_2^* = -a/2$$

[0079]
$$v_{14}^{**} = v_{13}^{**} + v_3^* = -a/2$$

[0080]
$$v_{15}^{**} = v_{14}^{**} + v_4^* = -a/2$$

[0081]
$$v_{16}^{**} = v_{15}^{**} + v_5^* = -a/2$$

[0082]
$$v_{17}^{**} = v_{16}^{**} + v_6^* = -a/2$$

[0083] 도 9에 나타낸, 이 보정 기능을 추가한 실시의 형태 3에 따른 하프 브리지 출력 전압 연산기(81)의 동작에 대하여 설명한다. 각 코일의 인가 전압 지령 $v_1^* \sim v_6^*$ 로부터, 우선 제 1 하프 브리지 출력 전압 지령 v_1^* 를 0으로 하여, 보정 전의 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{12}^* \sim v_{17}^*$ 가 가산기에 의해 순차적으로 산출되고, 이들 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 로부터 적절한 보정 하프 브리지 출력 전압 지령 v_{11}^{**} 가 전압 보정기(85)에 의해 산출되고, 이 보정된 기준 전압으로서의 보정 하프 브리지 출력 전압 지령 v_{11}^{**} 에 기초하여 보정 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{12}^{**} \sim v_{17}^{**}$ 가 가산기에 의해 순차적으로 산출되어 출력된다.

[0084] 여기서 리니어 모터의 가동자의 자극 피치와 각 코일 사이의 거리의 관계에 따른, 각 코일 유도 전압 파형의 변화에 대하여 설명한다. 도 5에 나타낸 전압 파형은, 가동자의 자극 피치와, 독립적으로 감긴 인접하는 각 코일 사이의 거리가 동일한 리니어 모터의 경우이고, 이 경우는 인접하는 코일에서 정현파의 위상이 180° 이동된 파형이 된다. 도 5와는 다르게, 자극 피치가, 인접하는 각 코일 사이의 거리의 1.5배인 경우의 각 코일의 유도 전압 파형의 예를 도 10에 나타낸다. 이 경우의 시각 t_3 에 있어서의 보정 전의 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 는 이하와 같다.

[0085]
$$v_{11}^* = 0$$

[0086]
$$v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = a$$

[0087]
$$v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = a/2$$

[0088]
$$v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = 0$$

[0089] $v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = 0$

[0090] $v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = 0$

[0091] $v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$

[0092] 또한 자극 피치가, 인접하는 각 코일 사이의 거리의 2배인 경우의 각 코일의 유도 전압 파형의 예를 도 11에 나타낸다. 이 경우의 시각 t_4 에 있어서의 보정 전의 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 는 이하와 같다.

[0093] $v_{11}^* = 0$

[0094] $v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = a/\sqrt{2}$

[0095] $v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = 2a/\sqrt{2}$

[0096] $v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = a/\sqrt{2}$

[0097] $v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = 0$

[0098] $v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = 0$

[0099] $v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$

[0100] 또한 자극 피치가, 인접하는 각 코일 사이의 거리의 3배인 경우의 각 코일의 유도 전압 파형의 예를 도 12에 나타낸다. 이 경우의 시각 t_5 에 있어서의 보정 전의 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 는 이하와 같다.

[0101] $v_{11}^* = 0$

[0102] $v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = \sqrt{3}a/2$

[0103] $v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = \sqrt{3}a$

[0104] $v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = 0$

[0105] $v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = \sqrt{3}a/2$

[0106] $v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = 0$

[0107] $v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$

[0108] 도 5에 나타내는 바와 같이, 가동자의 자극 피치와 인접 코일 사이의 거리가 동일한 경우, 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 의 최댓값과 최솟값의 차이는 각 코일의 유도 전압 진폭 a 와 같다. 또한 도 10에 나타내는 바와 같이, 가동자의 자극 피치가 인접 코일 사이의 거리의 1.5배인 경우도, 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 의 최댓값과 최솟값의 차이는 각 코일의 유도 전압 진폭 a 와 같다. 이 경우, 실시의 형태 3에 따른 전압 보정기(85)를 구비한 하프 브리지 출력 전압 연산기(81)를 이용하면, 모션 전압 V_{dc} 와 코일 유도 전압 진폭 a 가 같아질 때까지, 하프 브리지 출력 전압이 변조율을 따르고, 이에 의해 올바른 전압 출력을 행할 수 있다. 이것은, 풀 브리지 회로가 코일에 인가할 수 있는 전압 범위와 같다. 만약 복수의 가동자가 이동하고 있더라도, 가동자가 이동하는 방향이 동일하다면, 실시의 형태 2에 나타낸 바와 같이, 필요한 각 하프 브리지 출력 전압 지

령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 의 최댓값과 최솟값의 차이는, 가장 고속으로 이동하는 가동자의 유도 전압 진폭 a 와 일치하므로, 전압 출력이 곤란하게 되는 일은 없다. 또, 만약 가동자가 역방향으로 이동하고 있는 경우에는, 각각의 유도 전압의 부호가 반대가 되므로 출력 전압 범위에 제약이 생기지만, 유한한 수의 코일로 이루어지는 동일한 궤도 상에서 복수의 가동자가 역방향으로 고속으로 움직이는 것은 실제의 장치의 운동으로부터는 발생하기 어려워, 실용상 제약이 되지는 않는다.

[0109] 이에 비하여, 도 11에 나타내는 바와 같이, 가동자의 자극 피치가 인접 코일 사이의 거리의 2배인 경우는, 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 의 최댓값과 최솟값의 차이가 $2a/\sqrt{2}$, 가동자의 자극 피치가 인접 코일 사이의 거리의 3배인 경우는, 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 의 최댓값과 최솟값의 차이가 $\sqrt{3}a$ 가 되어, 각 코일의 유도 전압 진폭 a 를 초과한다. 이 경우, 본원의 리니어 모터의 구동 장치를 정상적으로 운전 가능한 각 코일의 유도 전압 진폭의 범위는, 종래의 풀 브리지 회로보다 좁아지고, 가동자의 최대 이동 속도를 낮추는 등의 운전 상의 제약이 생기게 되고, 특히 가동자의 자극 피치가 인접 코일 사이의 거리의 3배인 경우는, 본원에 따른 코일 인가 전압 범위 확대의 효과는 하프 브리지 회로에 비하여 거의 없게 된다. 이 운전의 제약은 가동자의 자극 피치가 인접 코일 사이의 거리에 비하여 커질수록 강해지므로, 본원의 리니어 모터의 구동 장치를 적용하는 리니어 모터에 있어서는, 가동자의 자극 피치가 인접 코일 사이의 거리의 바람직하게는 1.5배 이하, 비용, 사이즈의 메리트를 고려하더라도 2.5배 이하로 하는 것이, 설계상 타당하다.

[0110] 또 본원의 리니어 모터의 구동 장치에 대해서는, 구동 회로와 코일의 접속 방법을 바꾸는 것, 예컨대 이웃하는 코일의 감는 방향을 반대로 하여 발생하는 유도 전압의 부호를 반전하는 것이나, 혹은 하프 브리지와 코일을 순차적으로 접속하는 대신 위치가 떨어진 코일과 교대로 접속하여, 이웃하는 하프 브리지 사이에 발생하는 코일 유도 전압의 부호를 반전하는 것 등에 의해서도, 앞서 기술한 하프 브리지 출력 전압에 의한 가동자 운전 상의 제약은 회피할 수 있다. 이와 같은 구동 회로와 코일의 접속 방법에서는, 전압의 제약이 완화되는 반면, 하프 브리지에 흐르는 전류가 증가하게 되지만, 설계상의 선택지로서 적용하는 것이 가능하다.

[0111] 이상과 같은 동작에 의해, 실시의 형태 3에 따른 리니어 모터의 구동 장치는, 예컨대 특허문헌 1에 기재되어 있는 종래의 구동 장치에 비하여, 필요한 스위치의 수를 대폭 줄이면서, 적합한 설계 조건을 갖는 리니어 모터에 대해서는, 종래의 장치와 동일한 혹은 그에 가까운 전압을 각 코일에 인가하는 것이 가능하다. 이것에 의해, 구동 장치의 크기, 비용을 줄이면서, 종래 방식과 동일한 기능을 실현하는 것이 가능하게 된다.

[0112] 실시의 형태 4.

[0113] 도 13은 실시의 형태 4에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 구성을 나타낸 것이다. 도 3에 나타낸 구성에 더하여, 본 구성에서는 각 코일(1~6)에 흐르는 전류를 검출하여 각 코일 전류 측정값 $i_1 \sim i_6$ 을 출력하는 전류 센서(21~26)와, 각 코일의 전류 지령(이하 코일 전류 지령이라고 한다) $i_1^* \sim i_6^*$ 와 각 코일 전류 측정값 $i_1 \sim i_6$ 에 기초하여 각 코일로의 인가 전압 지령 $v_1^* \sim v_6^*$ 를 산출하여 출력하는 전류 제어기(10)를 구비한다. 여기서는, 도 3 혹은 도 7에 나타내는 스위칭 제어기(8)와 동일한 기능을 갖는 제어기(88)와 전류 제어기(10)에 의해, 스위칭 제어기(80)가 구성된다. 코일 전류 지령 $i_1^* \sim i_6^*$ 는 가동자(9)가 발생시키는 추력, 가동자의 위치 및 속도를 제어하기 위해, 상위의 제어기(도시하지 않음)로부터 주어지는 것이다. 전류 제어기(10)는 각각의 코일(1~6)에 대하여, 각 코일 전류 지령 $i_1^* \sim i_6^*$ 와 각 코일 전류 측정값 $i_1 \sim i_6$ 이 일치하도록, 인가 전압 지령 $v_1^* \sim v_6^*$ 를 조작하여 제어를 행하는 제어기 그룹이고, 예컨대 각 코일 전류마다 전류 지령과 전류 측정값의 편차를 산출하여 비례 적분 제어기를 거쳐서 각 코일의 인가 전압 지령을 출력하는 전류 피드백 제어기이다.

[0114] 도 14는 전류 센서(21~26)에 의한 전류 검출을 각 코일(1~6)로부터 각 하프 브리지(11~16)의 출력 전류로 변경한 것이고, 각 전류 센서(21~26)로부터는 각 하프 브리지 전류 신호 $i_{11} \sim i_{16}$ 이 출력된다. 각 하프 브리지 전류 신호 $i_{11} \sim i_{16}$ 은 코일 전류 연산기(101)에 입력되어, 각 코일 전류 측정값 $i_1 \sim i_6$ 이 산출, 출력된다. 여기서는, 도 3 혹은 도 7에 나타내는 스위칭 제어기(8)와 동일한 기능을 갖는 제어기(88), 전류 제어기(10), 및 코일 전류 연산기(101)에 의해, 스위칭 제어기(80)가 구성된다. 도 15는 코일 전류 연산기(101)의 내부 구조를 나타내고 있다. 각 코일(1~6)과 하프 브리지(11~16)의 접속 관계로부터, 각 하프 브리지 전류 신호 $i_{11} \sim i_{16}$ 으로부터 각 코

일 전류 측정값 $i_1 \sim i_6$ 은 이하의 식으로 계산된다.

[0115] $i_1 = i_{11}$

[0116] $i_2 = i_1 + i_{12}$

[0117] $i_3 = i_2 + i_{13}$

[0118] $i_4 = i_3 + i_{14}$

[0119] $i_5 = i_4 + i_{15}$

[0120] $i_6 = i_5 + i_{16}$

[0121] 상기와 같이 하프 브리지 전류 신호로부터 코일 전류 측정값을 산출하는 것에 의해, 코일 사이의 접속을 구동 회로 내에서 행할 필요가 없게 되고, 구동 회로와 코일을 접속하는 단자를 줄일 수 있다. 또, 도 14에 나타낸 바와 같이 각 전류 센서를 하프 브리지 회로 출력에 마련하는 대신에, 각 하프 브리지와 직류 전원의 마이너스 측 단자의 접속부에 전류 검출용 저항을 삽입하여 전류 검출을 가능하게 하고, 하프 브리지 회로의 스위칭에 의해 코일이 직류 전원의 마이너스 측 단자에 접속되는 위치에서 전류를 검출하는 방식을 이용하면, 하프 브리지 전류 신호와 동등한 신호를 직류 전원의 마이너스 측 단자를 공통 전위로 한 전압 신호로 얻을 수 있으므로, 더 저가의 부품으로 동등한 성능을 실현하는 것이 가능하게 된다.

[0122] 이상과 같은 동작에 의해, 실시의 형태 4에 따른 리니어 모터의 구동 장치에서는, 전류 지령에 따라서 각 코일 전류가 지령값과 일치하도록 제어하므로, 보다 높은 정밀도로 리니어 모터를 제어할 수 있다. 또한 각 하프 브리지 회로 출력 전류로부터 각 코일 전류를 산출하는 코일 전류 연산기를 이용하는 것에 의해, 구동 회로와 코일의 접속 단자를 줄이면서, 예컨대 특허문헌 1에 기재되어 있는 종래 방식과 동일한 기능을 실현하는 것이 가능하게 된다.

[0123] 실시의 형태 5

[0124] 도 16은 실시의 형태 5에 따른 리니어 모터의 구동 장치의 구성을 나타낸 것이다. 도 14에 나타낸 구성에 더하여, 본 구성에서는, 도 3 혹은 도 7에 나타내는 스위칭 제어기(8)와 동일한 기능을 갖고, 각 하프 브리지의 변조율 $m_{11} \sim m_{17}$ 을 출력하는 제어기(881)와, 각 하프 브리지의 변조율 $m_{11} \sim m_{17}$ 을 검출하고, 각 변조율 포화 신호 $f_{m_{11}} \sim f_{m_{17}}$ 을 출력하는 변조율 포화 검출기(882)와, 각 변조율 포화 신호 $f_{m_{11}} \sim f_{m_{17}}$ 을 검출하여 각 코일 전압 포화 신호 $f_{c_{11}} \sim f_{c_{16}}$ 을 출력하는 코일 전압 포화 검출기(883)를 구비한다. 본 실시의 형태 5에서는, 제어기(881)와, 변조율 포화 검출기(882)와, 코일 전압 포화 검출기(883)와, 도 14에 나타내는 코일 전류 연산기(101)와, 각 코일 전류 지령 $i_1^* \sim i_6^*$ 와 각 코일 전류 측정값 $i_1 \sim i_6$ 과 코일 전압 포화 검출기(883)에 의해 검출된 포화 신호 $f_{c_{11}} \sim f_{c_{16}}$ 에 기초하여 각 코일로의 인가 전압 지령 $v_1^* \sim v_6^*$ 를 산출하는 전류 제어기(100)에 의해, 스위칭 제어기(880)가 구성된다.

[0125] 변조율 포화 검출기(882)는, 각 변조율 $m_{11} \sim m_{17}$ 을 검출하고, 변조율 $m_{11} \sim m_{17}$ 중 어느 하나의 절댓값이 1보다 큰 경우에는, 각 변조율 $m_{11} \sim m_{17}$ 에 기초하여 변조율 포화 신호 $f_{m_{11}} \sim f_{m_{17}}$ 중 하나에 대응하는 값으로서 1을 출력하고, 1보다 작은 경우에는 변조율 포화 신호 $f_{m_{11}} \sim f_{m_{17}}$ 중 하나에 대응하는 값으로서 0을 출력하는 기능을 갖는다. 코일 전압 포화 검출기(883)는, 변조율 포화 검출기(882)로부터 출력되는 각 변조율 포화 신호 $f_{m_{11}} \sim f_{m_{17}}$ 을 검출하고, 각 변조율 포화 신호를 코일 전압 포화 신호로 환산함으로써, 1 또는 0의 각 코일 전압 포화 신호 $f_{c_{11}} \sim f_{c_{16}}$ 을 출력한다. 전류 제어기(100)는, 도 14에 나타내는 전류 제어기(10)와 동일하게, 각각의 코일(1~6)에 대하여, 각 코일 전류 지령 $i_1^* \sim i_6^*$ 와 각 코일 전류 측정값 $i_1 \sim i_6$ 이 일치하도록, 인가 전압 지령 $v_1^* \sim v_6^*$ 를 조작하여 제어를 행하는 제어기 그룹이고, 각 코일마다 전류 지령과 전류 측정값의 편차를 산출하여 비례 연산기 및 적분 연산기를 거쳐서 각 코일의 인가 전압 지령을 출력하는 전류 피드백 제어기이다. 단, 적분 연산기에 의해 코일 전압 포화 검출기(883)로부터 출력된 각 코일 전압 포화 신호 $f_{c_{11}} \sim f_{c_{16}}$ 을 검출하고, 검출한 각 코일 전압 포화 신호

$f_{c_{11}} \sim f_{c_{16}}$ 이 1인 경우에는 적분 연산기의 적분 연산을 정지, 또는 갱신한다고 하는 기능을 갖는다.

- [0126] 도 17은 도 16에 나타내는 제어기(881)의 내부 구조를 나타내는 도면이고, 도 3 혹은 도 7에 나타내는 스위칭 제어기(8)와 동일한 기능을 갖고, 변조율 연산기(82)가 산출한 각 변조율 $m_{11} \sim m_{17}$ 을 출력하는 기능을 더 갖는다.
- [0127] 도 16에 나타내는 전류 제어기(100)의 효과를 나타내기 위해, 가동자(9)가 코일(1~6) 위를 통과하고, 시각 t_6 에서 가동자의 속도가 3/2배가 된 경우에 코일에 발생하는 유도 전압이 출력 가능 전압을 상회한 경우에 대하여 설명한다.
- [0128] 도 18에 가동자(9)가 코일(1~6) 위를 통과하고, 시각 t_6 에서 가동자의 속도가 3/2배가 된 경우의 코일에 발생하는 유도 전압 파형을 나타낸다. 도 18에 있어서, 코일(1)의 유도 전압 파형은 v_1 , 코일(2)의 유도 전압은 v_2 , 코일(3)의 유도 전압은 v_3 , 코일(4)의 유도 전압은 v_4 , 코일(5)의 유도 전압은 v_5 , 코일(6)의 유도 전압은 v_6 으로 도시되어 있고, 가로축은 시각 t 의 경과를 나타내고 있다.
- [0129] 이때, 예컨대 가동자(9)가 추력을 발생시키지 않도록 하려면, 실시의 형태 3과 동일하게, 각 코일에 유도 전압과 동일한 전압을 인가하면 된다. 이 경우, 이 인가 전압 지령이 제어기(881)의 하프 브리지 출력 전압 연산기(81)에 입력되어, 도 19에 나타내는 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 의 파형이 산출된다. 산출한 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 의 파형은 전압 보정기(85)에 입력되고, 도 20에 나타내는 전압 보정량이 연산된다.
- [0130] 도 21에 나타내는 각 보정 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^{**} \sim v_{17}^{**}$ 는, 전압 보정기(85)에 있어서, 각 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^* \sim v_{17}^*$ 에 도 20에 나타내는 전압 보정량을 인가한 후의 파형을 나타내고 있다. 전압 보정량을 인가함으로써, 시각 t_6 에서 가동자의 속도가 3/2배가 되기 전에는 각 보정 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^{**} \sim v_{17}^{**}$ 의 최댓값은 $a/2$ 가 되고, 최솟값은 $-a/2$ 가 된다. 시각 t_6 에서 가동자의 속도가 3/2배가 된 후에는, 각 보정 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^{**} \sim v_{17}^{**}$ 의 최댓값은 $3a/4$ 가 되고 최솟값은 $-3a/4$ 가 된다.
- [0131] 이때, 도 21에 있어서, 시각 t_6 이후에 유도 전압 상승에 따라 각 보정 하프 브리지 출력 전압 지령 $v_{11}^{**} \sim v_{17}^{**}$ 가 상승하고, 도 17에 나타내는 변조율 연산기(82)에 의해 연산된 각 하프 브리지의 변조율 $m_{11} \sim m_{17}$ 의 절댓값이 1을 넘는 것으로 한다.
- [0132] 이때, 시각 t_6 이후에, 도 16에 나타내는 제어기(881)가 출력한 변조율 포화 신호 $f_{m_{11}} \sim f_{m_{17}}$ 은 1이 된다. 코일 전압 포화 검출기(883)는, 변조율 포화 검출기(882)로부터 출력된 각 변조율 포화 신호 $f_{m_{11}} \sim f_{m_{17}}$ 을 수신하고, 각 코일 전압 포화 신호 $f_{c_{11}} \sim f_{c_{16}}$ 을 출력한다. 각 변조율 포화 신호 $f_{m_{11}} \sim f_{m_{17}}$ 과 각 코일 전압 포화 신호 $f_{c_{11}} \sim f_{c_{16}}$ 의 입출력 관계는 이하와 같다.
- [0133] · $f_{m_{11}} = 1$ 의 경우, $f_{c_{11}} = 1$ 을 출력한다.
- [0134] · $f_{m_{12}} = 1$ 의 경우, $f_{c_{11}} = 1$, $f_{c_{12}} = 1$ 을 출력한다.
- [0135] · $f_{m_{13}} = 1$ 의 경우, $f_{c_{12}} = 1$, $f_{c_{13}} = 1$ 을 출력한다.
- [0136] · $f_{m_{14}} = 1$ 의 경우, $f_{c_{13}} = 1$, $f_{c_{14}} = 1$ 을 출력한다.
- [0137] · $f_{m_{15}} = 1$ 의 경우, $f_{c_{14}} = 1$, $f_{c_{15}} = 1$ 을 출력한다.
- [0138] · $f_{m_{16}} = 1$ 의 경우, $f_{c_{15}} = 1$, $f_{c_{16}} = 1$ 을 출력한다.
- [0139] · $f_{m_{17}} = 1$ 의 경우, $f_{c_{16}} = 1$ 을 출력한다.
- [0140] 상기 이외의 경우에는, 각 코일 전압 포화 신호는 0을 출력한다. 상기에서는, 모든 하프 브리지의 변조율 $m_{11} \sim m_{17}$

의 절댓값이 1을 넘는 경우를 예로 들고 있지만, 일부의 하프 브리지만 변조율의 절댓값이 1을 넘는 경우도 있다. 이 경우는, 1을 넘는 하프 브리지에 접속되어 있는 코일의 코일 전압 포화 신호를 1로 한다.

[0141] 도 22는 상기에서 설명한 기능을 달성하기 위한 전류 제어기(100)의 내부 구조를 나타내는 도면이다. 전류 제어기(100)는 각 코일 전류 지령 $i_1^* \sim i_6^*$ 와 각 코일 전류 측정값 $i_1 \sim i_6$ 의 편차를 비례적으로 곱하는 비례 연산기(1020)의 출력과 적분 연산하는 적분 연산기(1030~1035)의 출력을 각각 합산하는 기능을 갖는다. 도 22에 나타내는 바와 같이 각 코일 전압 포화 신호 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 은, 전류 제어기(100)에 입력된다.

[0142] 도 23은 전류 제어기(100)에 구비되어 있는 적분 연산기(1030~1035)의 내부 구조를 나타내는 도면이고, 적분 연산기 그룹을 100a로서 나타내고 있다. 각 적분 연산기(1030~1035)는, 코일 전압 포화 신호 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 에 따라 각 코일 전류 지령 $i_1^* \sim i_6^*$ 와 각 코일 전류 측정값 $i_1 \sim i_6$ 의 편차가 적분기(도 22에서 1/s로 도시되어 있는 블록)에 입력되는지, 0이 적분기에 입력되는지가 다르다. 코일 전압 포화 신호 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 중 값이 1인 적분기에는 0을 입력(즉 적분 연산을 정지)하고, 코일 전압 포화 신호 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 중 값이 0인 적분기에는, 코일 전류 지령 $i_1^* \sim i_6^*$ 와 코일 전류 측정값 $i_1 \sim i_6$ 의 편차를 입력한다. 각 코일 전압 포화 신호 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 중 코일 전압 포화 신호로서 1이 입력된 적분기의 입력을 0으로 함으로써 전압 포화 구간에서의 적분 연산을 정지하여, 각 코일 전압 포화 신호 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 이 1에서 0으로 전환되었을 때에 적분기에 축적된 전류 적산값이 방출됨으로써 발생하는 코일 전류 측정값의 헛팅을 억제할 수 있다. 헛팅이란 도 24에 나타내는 전류가 튀어나오는 현상을 가리킨다.

[0143] 도 24에, 코일 전압 포화 신호 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 이 1을 출력하는 구간에서 전류 제어기의 적분 연산을 정지하지 않은 경우의, 각 코일의 인가 전압 지령 $v_1^* \sim v_6^*$, 코일(4)의 인가 전압 지령 v_4^* 와 코일 인가 전압 v_4^{***} , 코일 전류 지령 i_4^* 와 코일 전류 측정값 i_4 , 도 23에 나타내는 적분 연산기(1033)에 있어서 코일 전류 지령 i_4^* 와 코일 전류 측정값 i_4 의 편차로부터 산출된 전류 적산값을 나타낸다. 코일(4)의 인가 전압 지령 v_4^* 는, 출력 가능 전압을 상회하기 때문에 지령과 동일한 전압을 인가할 수 없고, 이에 따라 코일 전류 측정값 i_4 도 지령값과 동일한 전류로 할 수 없다. 또한, 코일 전압 포화 신호 fc_{14} 가 1을 출력하는 구간에서 적분 연산을 정지하지 않았기 때문에, 코일 전류 지령 i_4^* 와 코일 전류 측정값 i_4 의 편차가 계속 적산되고, 코일 전압 포화 신호 fc_{14} 가 1에서 0으로 전환된 순간에 적분 연산기(1033)에 축적된 전류 적산값이 출력됨으로써 전류 측정값 i_4 에 헛팅이 발생하고, 코일 전류 측정값 i_4 의 코일 전류 지령 i_4^* 로의 수렴이 느려진다.

[0144] 도 25에, 코일 전압 포화 신호 $fc_{11} \sim fc_{16}$ 이 1을 출력하는 구간에서 전류 제어기의 적분 연산을 정지한 경우의 코일의 인가 전압 지령 $v_1^* \sim v_6^*$, 코일(4)의 인가 전압 지령 v_4^* 와 코일 인가 전압 v_4^{***} , 코일 전류 지령 i_4^* 와 코일 전류 측정값 i_4 , 도 23에 나타내는 적분 연산기(1033)에 있어서 코일 전류 지령 i_4^* 와 코일 전류 측정값 i_4 의 편차로부터 산출된 전류 적산값을 나타낸다. 코일 전압 포화 신호 fc_{14} 가 1을 출력하는 구간에서 적분 연산을 정지하였기 때문에, 코일 전압 포화 신호 fc_{14} 가 1에서 0으로 전환된 순간에 적분 연산기로부터 출력되는 전류 적산값이 억제되어, 도 24와 비교하여 코일 전류 측정값 i_4 의 헛팅이 억제된다.

[0145] 이때, 전류 측정값 i_4 의 헛팅을 더욱 억제하기 위해서는, 코일 전압 포화 신호 fc_{14} 가 1을 출력하는 구간에서 적분 연산기를 정지하는 것이 아니라, 전압 포화 구간으로부터 빠져나왔을 때에 적절한 적분 연산값이 되도록, 적분 연산값을 그때까지 적분된 값과는 다른 값으로 갱신하는 것이 바람직하다. 이 처리를 실시함으로써, 전압 포화 구간으로부터 빠져나온 후의 전류 측정값의 헛팅을 더욱 억제할 수 있고, 코일 전류 측정값 i_4 의 수렴도 빨라진다.

[0146] 이상과 같이, 실시의 형태 5에 따른 리니어 모터의 구동 장치에 따르면, 각 코일의 각 인가 전압 지령이, 코일마다, 당해 코일에 흐르는 전류의 측정값과 당해 코일에 대한 각각의 전류 지령의 편차를 입력으로 하는 적분 연산기를 갖는 전류 제어기에 의해 작성되고, 상기 전류 제어기는, 복수의 하프 브리지 중 변조율의 절댓값이 1

을 넘는 하프 브리지에 접속되어 있는 코일(하프 브리지(12~16)와 같이 하프 브리지에 2개의 코일이 접속되어 있는 경우는 그 2개의 코일, 하프 브리지(11, 17)와 같이 1개의 코일만이 접속되어 있는 양단의 하프 브리지의 경우는, 그 1개의 코일)에 대한 적분 연산기의 적분 연산을 정지하거나, 또는 적분 연산기의 그때까지의 적분값을 다른 값으로 갱신하도록 하였으므로, 코일 전류의 헌팅이 억제된다.

[0147] 또, 상기 각 실시의 형태에 있어서의 스위칭 제어기는, 구체적으로는, 도 26에 나타내는 바와 같이, CPU(Central Processing Unit) 등의 연산 처리 장치(801), 연산 처리 장치(801)와 데이터를 교환하는 기억 장치(802), 연산 처리 장치(801)와 외부의 사이에서 신호를 입출력하는 입출력 인터페이스(803) 등을 구비하고 있다. 연산 처리 장치(801)로서 ASIC(Application Specific Integrated Circuit), IC(Integrated Circuit), DSP(Digital Signal Processor), FPGA(Field Programmable Gate Array), 및 각종 신호 처리 회로 등이 구비되더라도 좋다. 또한, 연산 처리 장치(801)로서, 동일한 종류의 것, 또는 상이한 종류의 것이 복수 구비되고, 각 처리가 분담하여 실행되더라도 좋다. 기억 장치(802)로서, 연산 처리 장치(801)에 대하여 데이터를 판독 및 기입 가능하게 구성된 RAM(Random Access Memory), 연산 처리 장치(801)로부터 데이터를 판독 가능하게 구성된 ROM(Read Only Memory) 등이 구비되어 있다. 입출력 인터페이스(803)는, 예컨대, 각 코일의 인가 전압 지령 $v_1^* \sim v_6^*$ 혹은 전류 지령 $i_1^* \sim i_6^*$ 를 지령 연산 처리 장치(801)에 입력하기 위한 인터페이스, 또한 전류 센서(21~26)로부터의 각 코일 전류 측정값 $i_1 \sim i_6$ 을 연산 처리 장치(801)에 입력하기 위한 A/D 변환기, 각 스위칭 소자에 구동 신호를 출력하기 위한 구동 회로 등으로 구성된다.

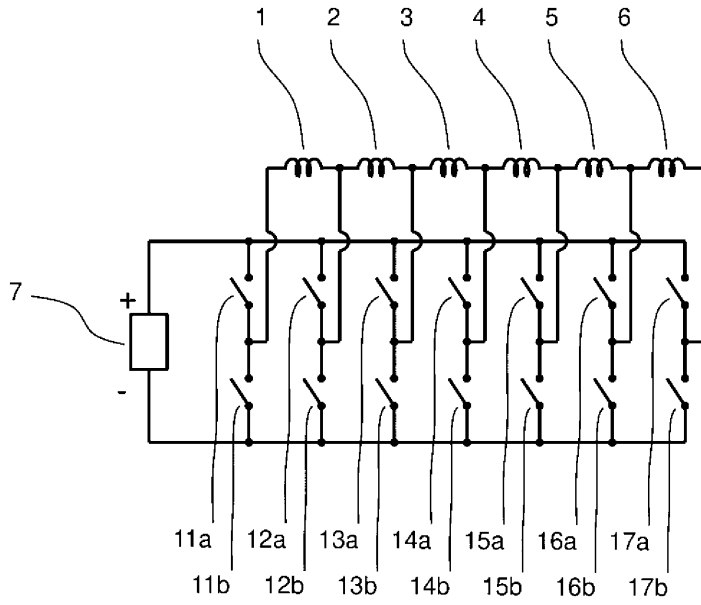
[0148] 본원에는, 다양한 예시적인 실시의 형태 및 실시예가 기재되어 있지만, 1개, 또는 복수의 실시의 형태에 기재된 다양한 특징, 태양, 및 기능은 특정한 실시의 형태의 적용으로 한정되는 것이 아니고, 단독으로, 또는 다양한 조합으로 실시의 형태에 적용 가능하다. 따라서, 예시되어 있지 않은 무수한 변형예가, 본원 명세서에 개시되는 기술의 범위 내에 있어서 상정된다. 예컨대, 적어도 1개의 구성 요소를 변형하는 경우, 추가하는 경우 또는 생략하는 경우, 그리고, 적어도 1개의 구성 요소를 추출하고, 다른 실시의 형태의 구성 요소와 조합하는 경우가 포함되는 것으로 한다.

부호의 설명

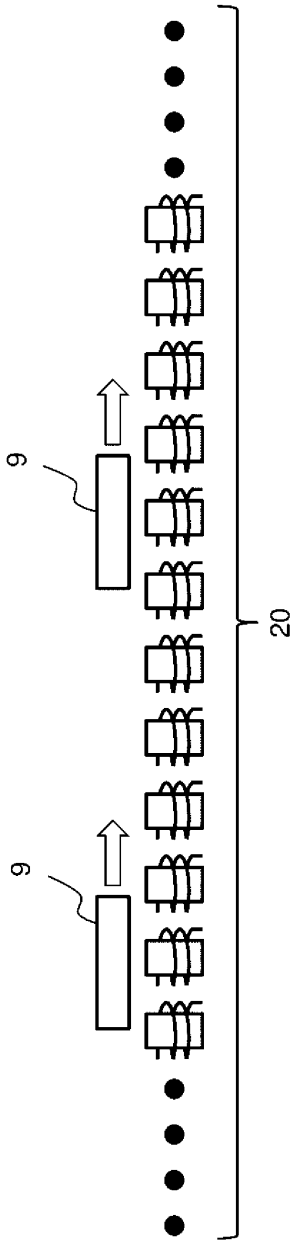
[0149] 1, 2, 3, 4, 5, 6: 코일, 7: 직류 전원, 8, 80, 880: 스위칭 제어기, 9: 가동자, 10, 100: 전류 제어기, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17: 하프 브리지, 21, 22, 23, 24, 25, 26: 전류 센서, 81: 하프 브리지 출력 전압 연산기, 85: 전압 보정기, 101: 코일 전류 연산기, 1030~1035: 적분 연산기, $i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6$: 코일 전류 측정값, $i_1^*, i_2^*, i_3^*, i_4^*, i_5^*, i_6^*$: 코일 전류 지령, $v_1^*, v_2^*, v_3^*, v_4^*, v_5^*, v_6^*$: 인가 전압 지령, $v_{11}^*, v_{12}^*, v_{13}^*, v_{14}^*, v_{15}^*, v_{16}^*, v_{17}^*$: 하프 브리지 출력 전압 지령, $m_{11}, m_{12}, m_{13}, m_{14}, m_{15}, m_{16}, m_{17}$: 하프 브리지의 변조율

도면

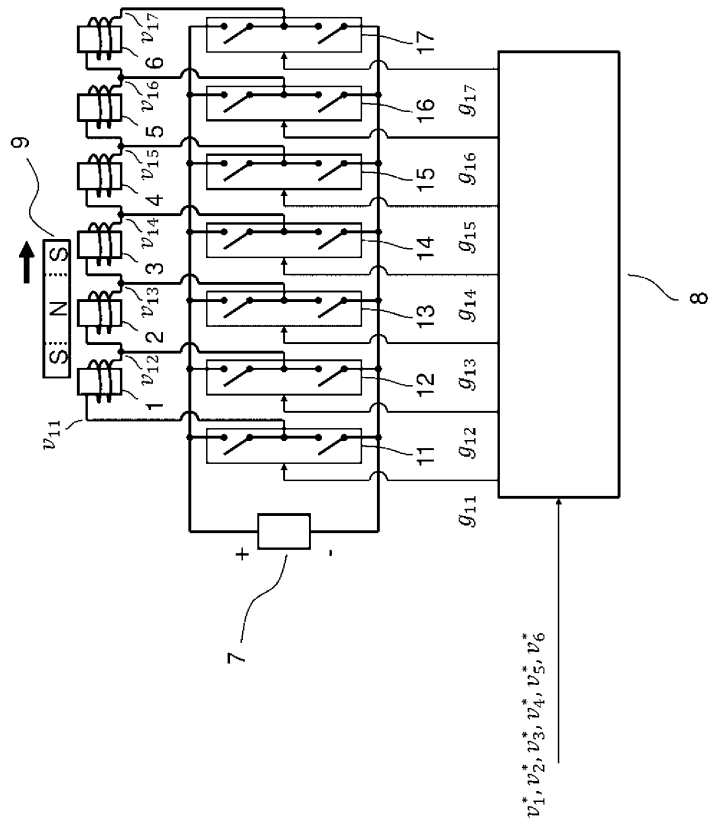
도면1



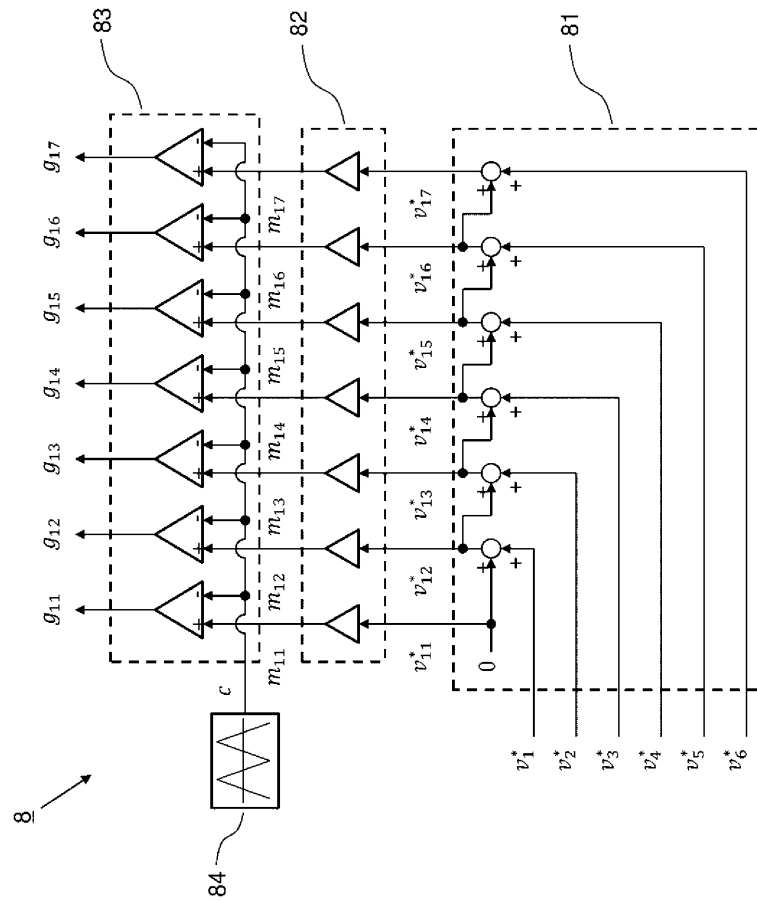
도면2



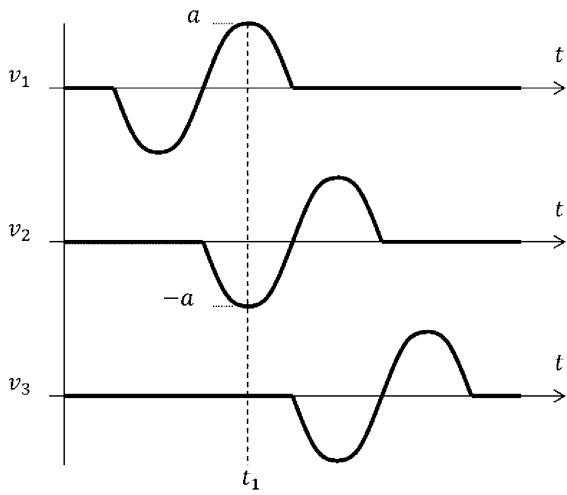
도면3



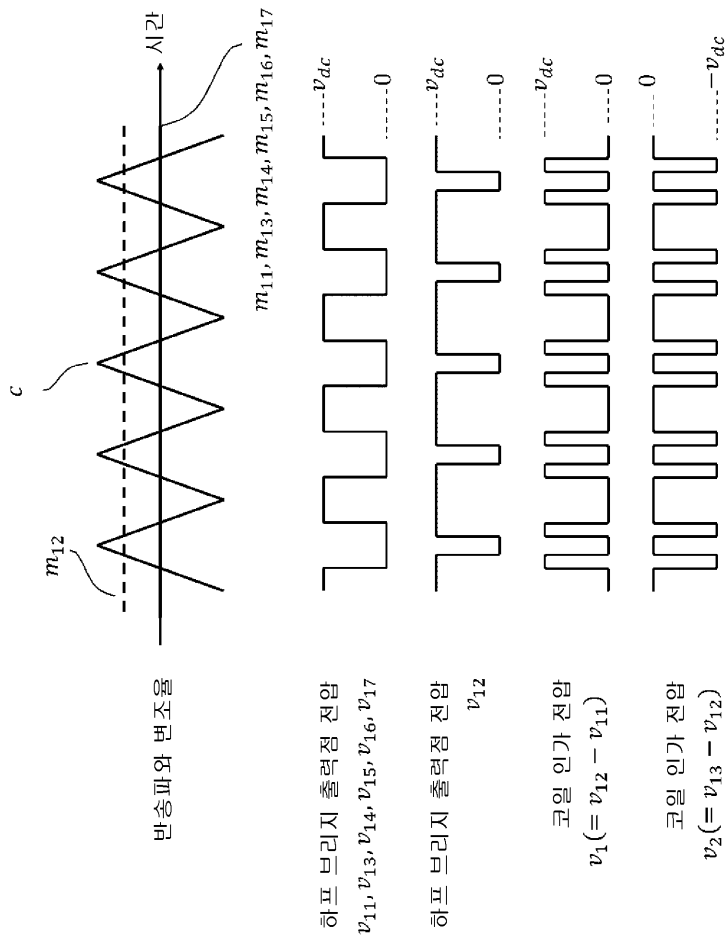
도면4



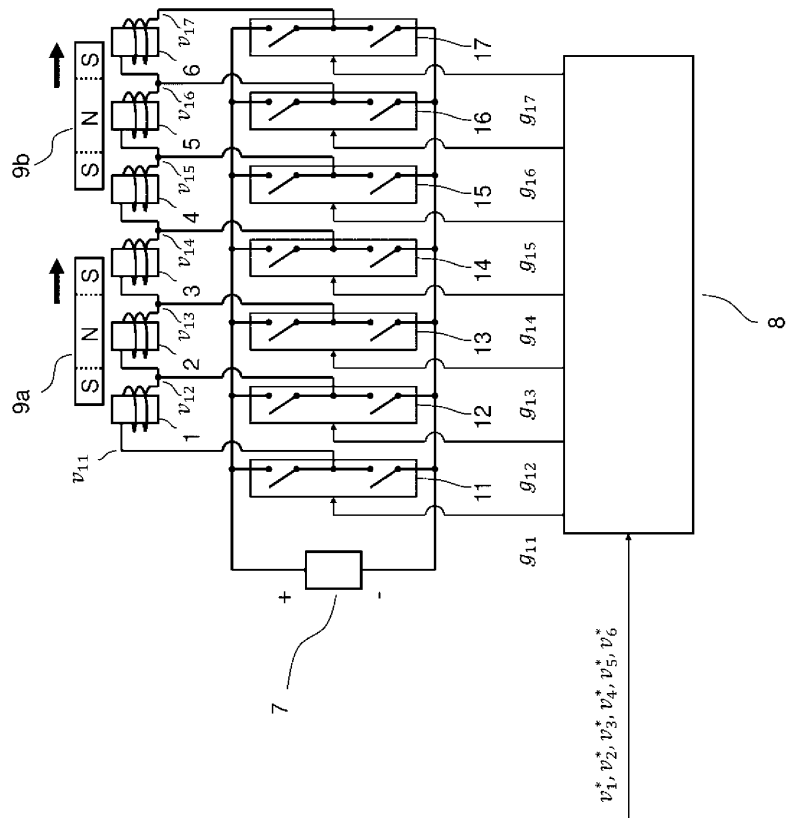
도면5



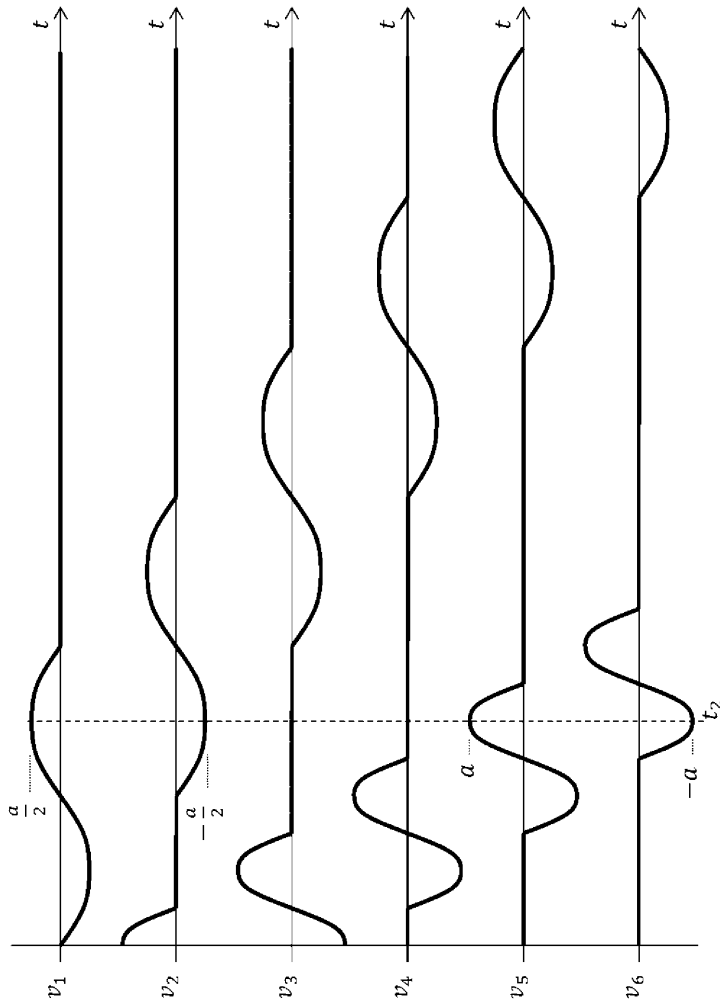
도면6



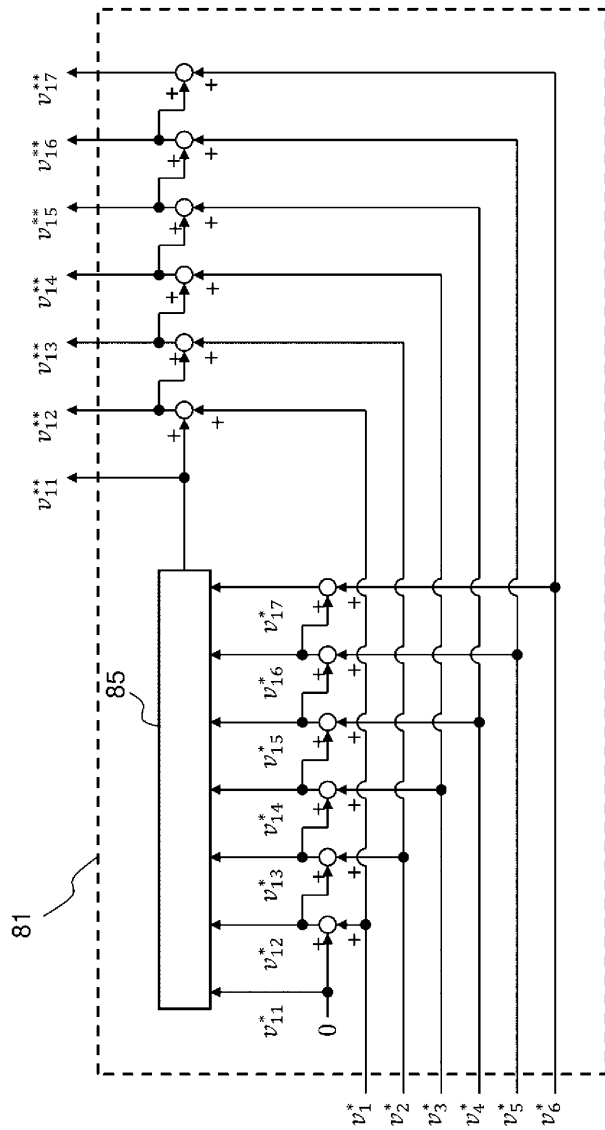
도면7



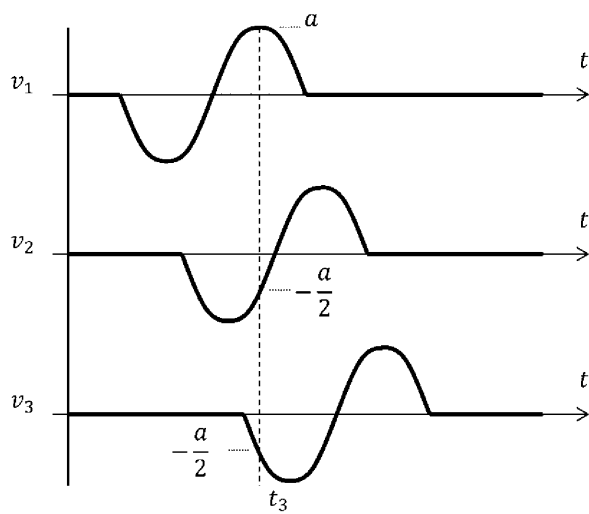
도면8



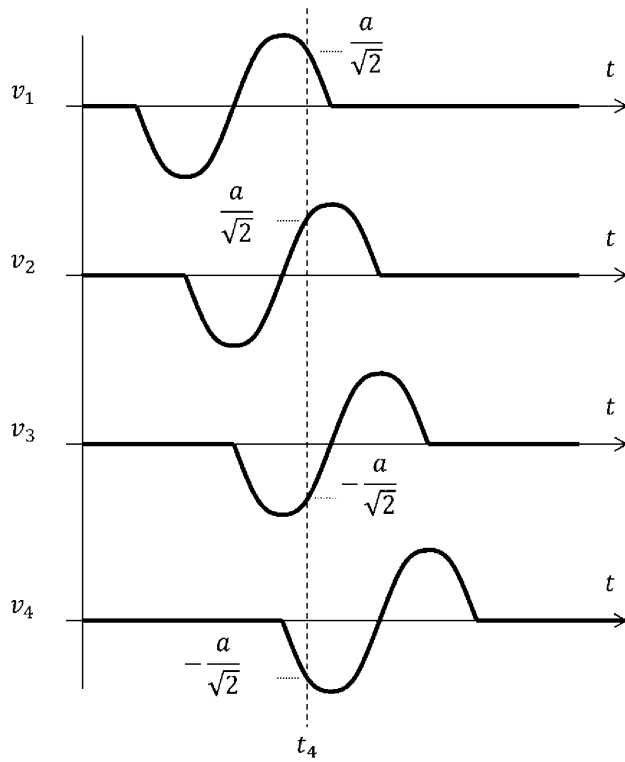
도면9



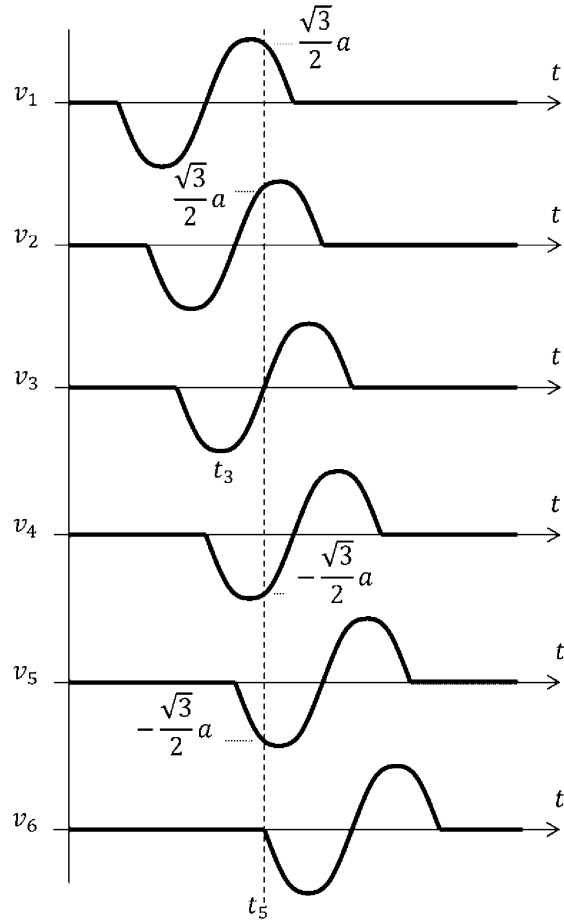
도면10



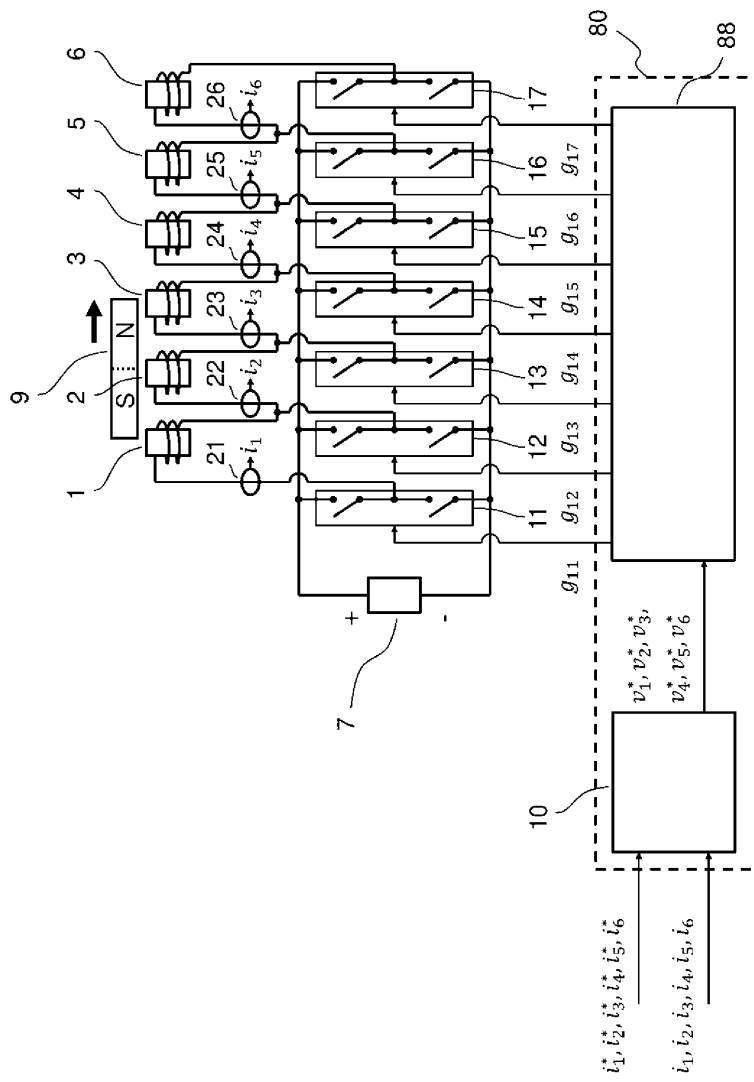
도면11



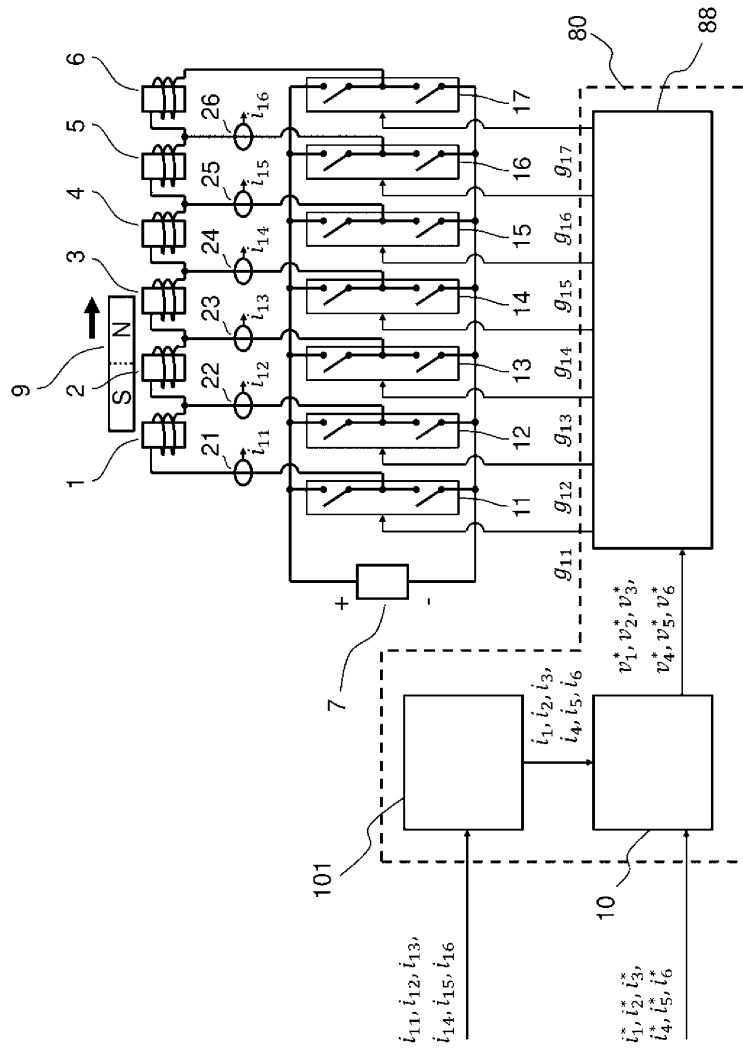
도면12



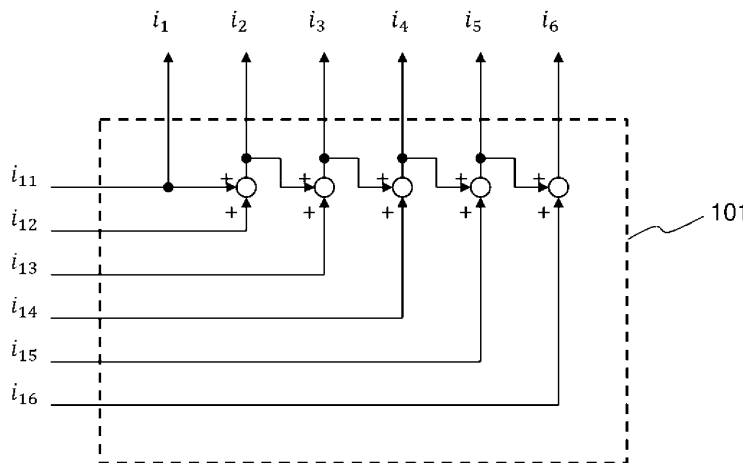
도면13



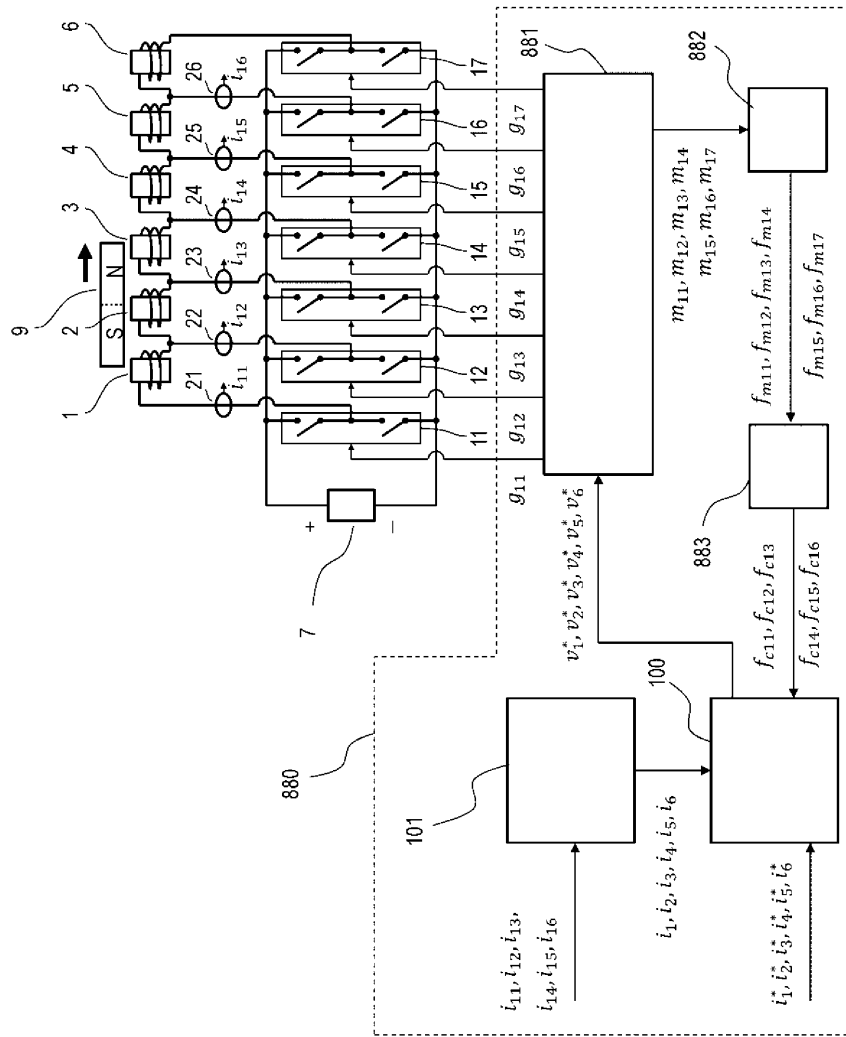
도면14



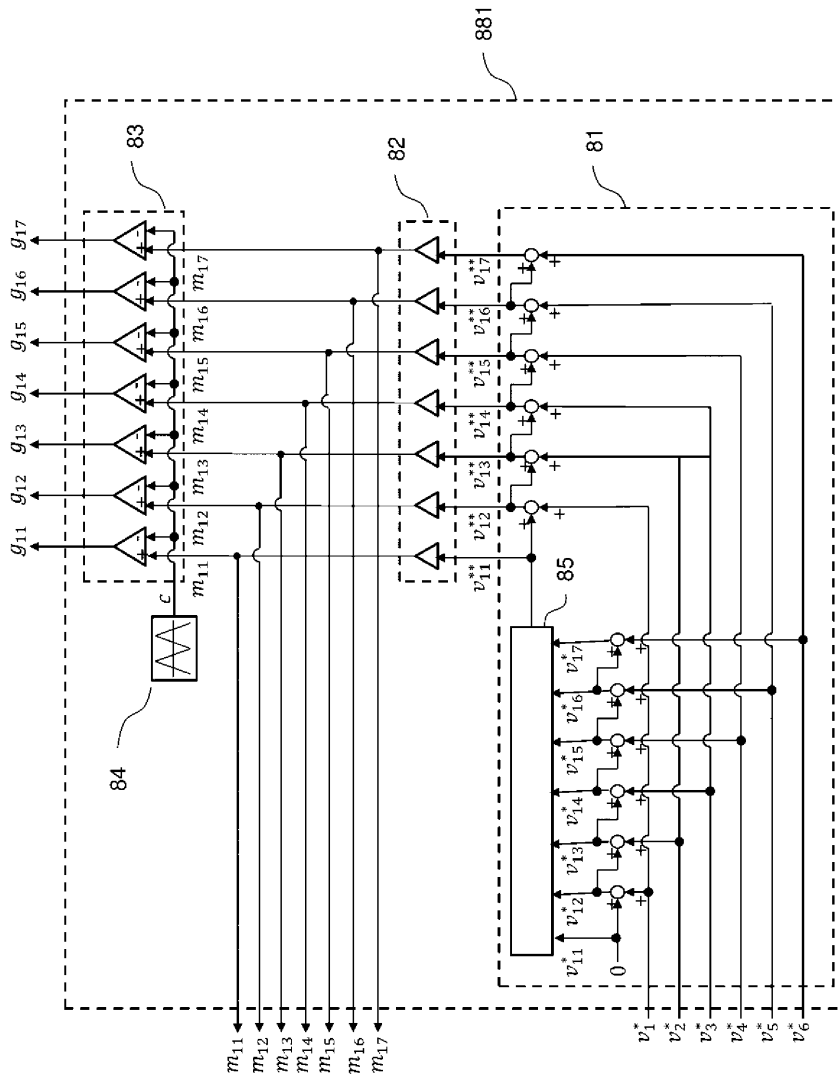
도면15



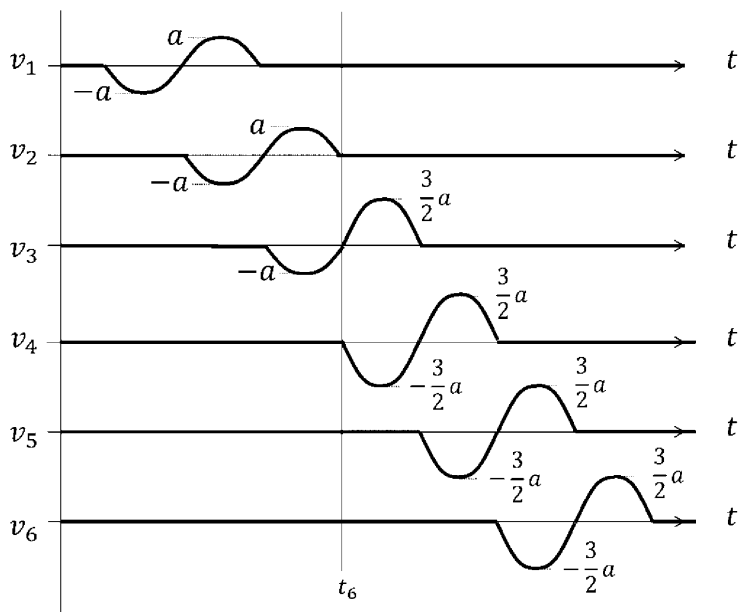
도면16



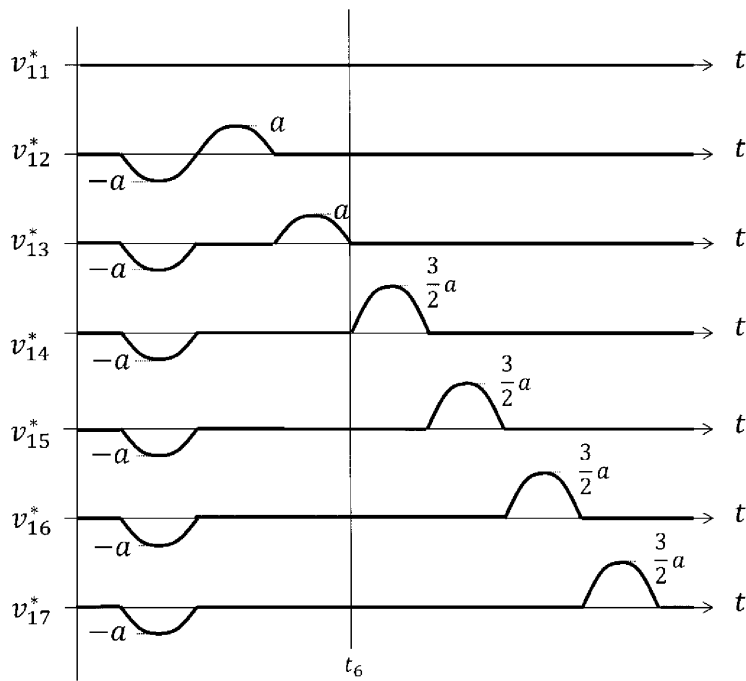
도면17



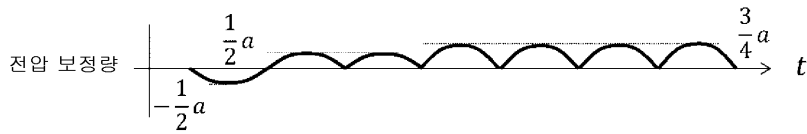
도면18



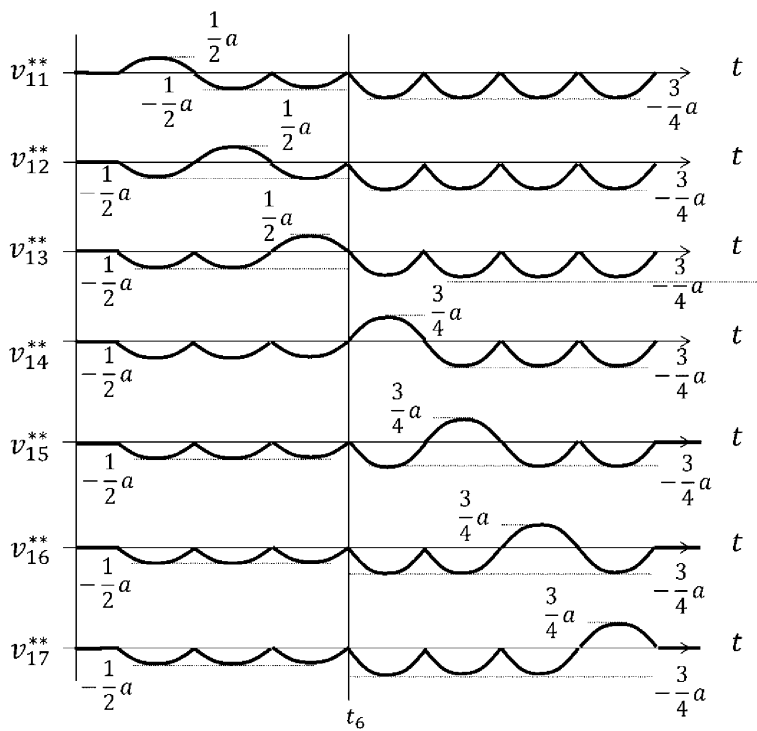
도면19



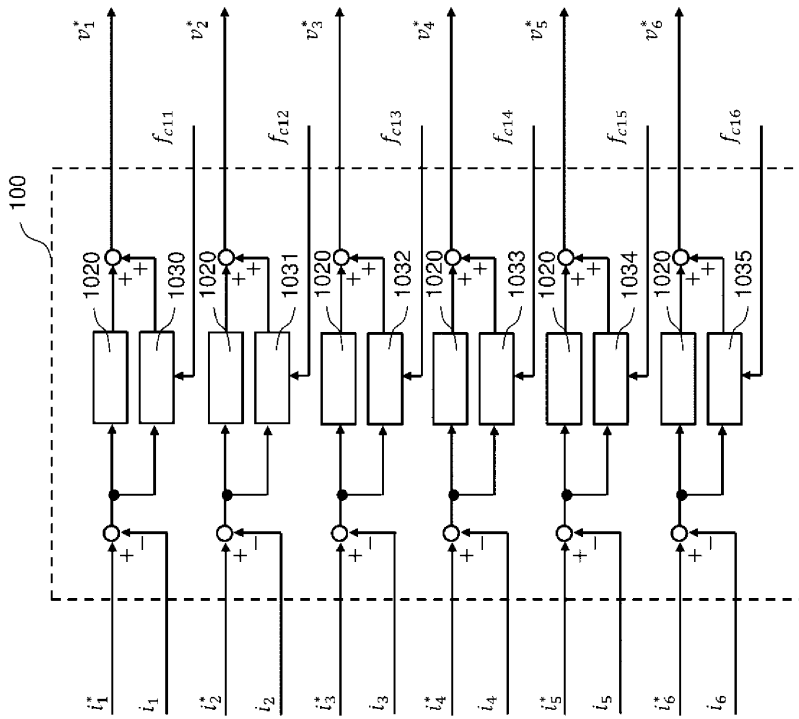
도면20



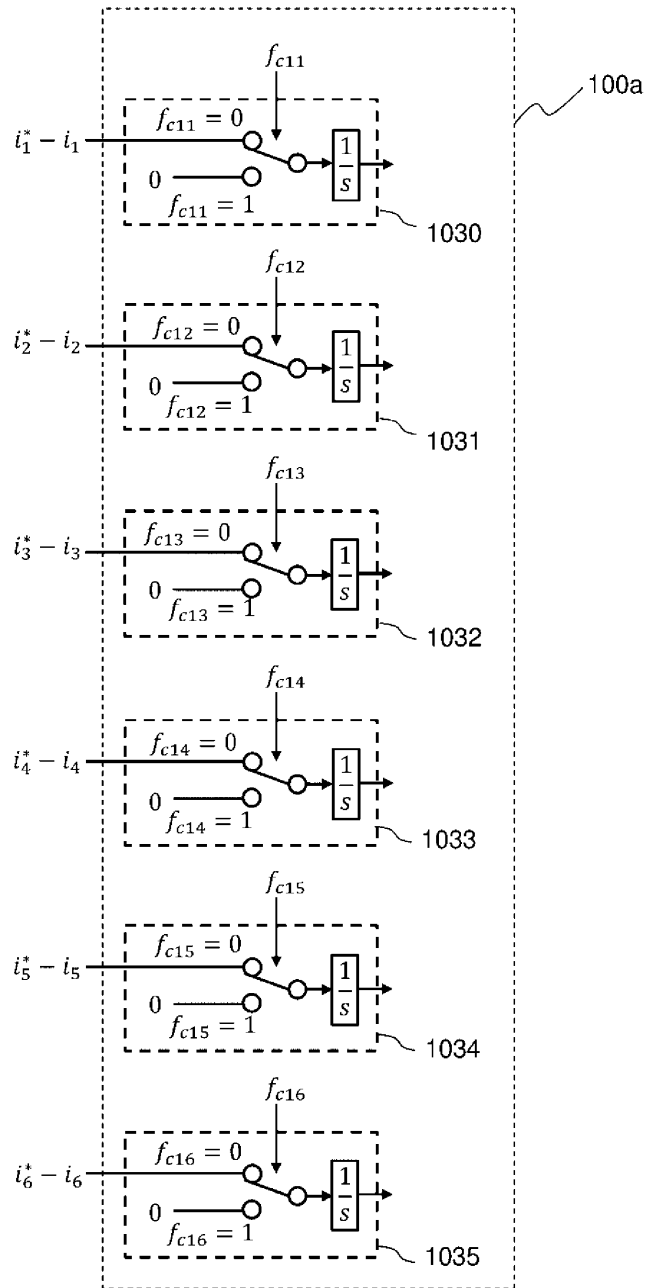
도면21



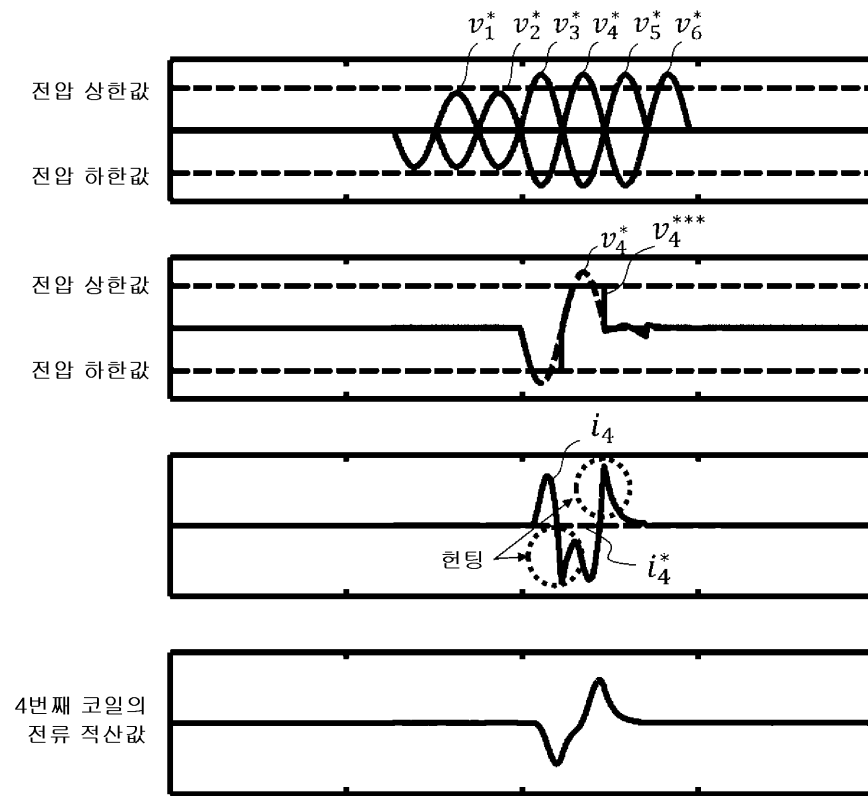
도면22



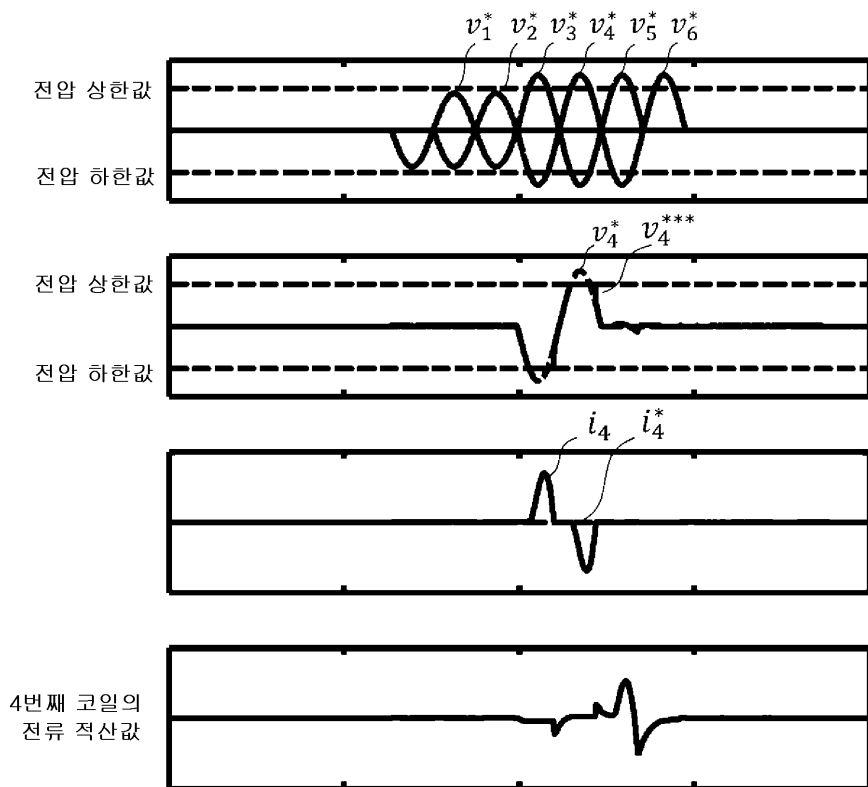
도면23



도면24



도면25



도면26

