



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0044263  
(43) 공개일자 2020년04월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02P 27/08 (2006.01) H02M 7/5395 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H02P 27/08 (2013.01)  
H02M 7/5395 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0124611  
(22) 출원일자 2018년10월18일  
심사청구일자 없음

(71) 출원인  
현대자동차주식회사  
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)  
기아자동차주식회사  
서울특별시 서초구 현릉로 12 (양재동)  
(72) 발명자  
이용재  
경기도 화성시 남양읍 역골로49번길 42, 1401호  
곽무신  
경기도 화성시 동탄시범한빛길 10, 235동 2204호  
(반송동, 시범한빛마을한화꿈에그린아파트)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인 신세기

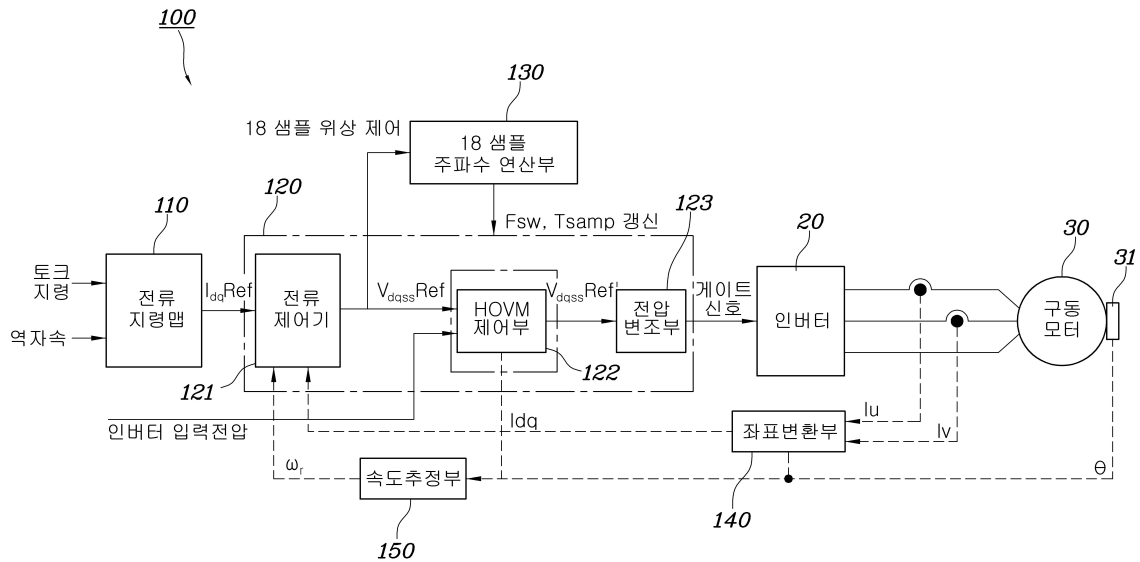
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치

(57) 요약

모터로 제공되는 전류를 측정한 d/q축 전류 검출값이 모터를 구동하기 위한 d/q축 전류 지령을 추종하도록 하기 위한 전압 지령을 생성하고, 상기 전압 지령의 전압 벡터 위상을 기반으로 생성된 샘플링 주파수에 따라 샘플링된 전압 지령을 전압 벡터도 상의 육각형 각 꼭지점 및 변의 일 지점에 해당하는 전압 벡터로 변환하여 상기 모터를 구동하는 인버터에 인가하는 전류제어 데스크부; 및 상기 전압 지령의 전압 벡터 위상과 상기 모터의 1회전 주기 동안 이루어지는 사전 설정된 샘플링 회수를 기반으로 상기 샘플링 주파수를 연산하는 샘플 주파수 연산부를 포함하는 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치가 개시된다.

대표도



(72) 발명자

**박주영**

경기도 용인시 수지구 동천로135번길 21, 1307동  
1101호 (동천동, 한빛마을래미안이스트팰리스3  
단지)

**황재호**

대전광역시 유성구 노은동로 187, 606동 1502호 (지족동, 열매마을6단지)

**신호준**

경기도 수원시 권선구 칠보로 102, 112동 1702호  
(호매실동, 한양수자인파크원)

**김성규**

경기도 부천시 중동로 187 1210동 1304호 (중동, 무지개마을아파트)

**배수현**

대구광역시 중구 태평로 5 4층 (달성동)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

모터로 제공되는 전류를 측정된 d/q축 전류 검출값이 모터를 구동하기 위한 d/q축 전류 지령을 추종하도록 하기 위한 전압 지령을 생성하고, 상기 전압 지령의 전압 벡터 위상을 기반으로 생성된 샘플링 주파수에 따라 샘플링된 전압 지령을 전압 벡터도 상의 육각형 각 꼭지점 및 변 위의 일 지점에 해당하는 전압 벡터로 변환하여 상기 모터를 구동하는 인버터에 인가하는 전류제어 테스크부; 및

상기 전압 지령의 전압 벡터 위상과 상기 모터의 1회전 주기 동안 이루어지는 사전 설정된 샘플링 회수를 기반으로 상기 샘플링 주파수를 연산하는 샘플 주파수 연산부;

를 포함하는 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 전류제어 테스크부는,

상기 전압 지령을 생성하는 전류 제어기;

상기 전압 지령에 상기 샘플링 주파수에 따라 사전 설정된 계인을 곱해 상기 샘플링 회수에 대응되는 개수의 하이 계인 오버 전압 변조된 전압 지령을 생성하는 HOVM 제어부; 및

상기 HOVM 제어부에서 생성된 복수의 하이 계인 오버 전압 변조된 전압 지령을 최소거리 과변조 제어하여 상기 전압 벡터도의 육각형 꼭지점 및 변 위의 일 지점에 해당하는 전압 벡터로 변환하는 전압 변조부를 포함하는 것을 특징으로 하는 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치.

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 샘플 주파수 연산부는,

상기 전압 벡터도 상의 육각형 상에서 d 축을 기준으로 d 축의 상하에 연속으로 존재하는 두 샘플링 지점에서의 q 값을 서로 합산하여 0이 되도록 상기 샘플링 주파수를 결정하는 것을 특징으로 하는 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치.

#### 청구항 4

청구항 3에 있어서, 상기 샘플 주파수 연산부는,

상기 샘플 주파수 연산부는 상기 샘플링 주파수에 의한 샘플링 구간에서 인버터 출력의 온/오프 시퀀스를 판단하여 상기 샘플링 주파수를 결정하는 것을 특징으로 하는 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치.

#### 청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 전압 벡터도 상의 육각형 상에서 d 축을 기준으로 d 축의 상하에 연속으로 존재하는 두 샘플링 지점에서의 q 값을 서로 합산하는 제1 덧셈기;

상기 샘플링 주파수에 의한 연속된 샘플링 구간에서 반복되는 사전 설정된 온/오프 시퀀스를 판단하고 그에 대응되는 1 및 -1의 값을 샘플링 주기마다 반복 출력하는 시퀀스 판별부;

상기 제1 덧셈기의 합산 결과에 상기 시퀀스 판별부에서 출력된 값을 곱셈하는 곱셈기;

상기 곱셈기에 의한 연산 결과를 0으로 수렴하게 하는 주파수 변경값을 결정하는 주파수 제어기; 및

상기 주파수 변경값과 상기 모터의 스위칭 주파수를 상기 샘플링 회수로 나눈 값을 합산하여 상기 샘플링 주파수를 결정하는 제2 덧셈기를 포함하는 것을 특징으로 하는 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치.

**청구항 6**

청구항 1에 있어서, 상기 샘플 주파수 연산부는,

상기 샘플링 주파수를 조정하여 상기 인버터의 출력 전압의 스위칭 듀티를 변경하는 것을 특징으로 하는 인버터 제어 장치.

**청구항 7**

청구항 1에 있어서,

상기 전압 벡터도 상의 육각형의 변 위의 일 지점에 해당하는 전압 벡터는 상기 육각형의 인접한 두 지점에 대응되는 전압 벡터가 일정 비율로 나타나는 전압 벡터인 것을 특징으로 하는 인버터 제어 장치.

**청구항 8**

청구항 7에 있어서,

상기 전압 벡터도 상의 육각형의 변 위의 일 지점에 해당하는 전압 벡터에 의해 상기 인버터 내 스위치의 스위칭이 이루어지는 것을 특징으로 하는 인버터 제어 장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 6-스텝 제어 기법을 적용하여 인버터를 제어함에 있어 샘플링 주파수를 증가시켜 고속에서의 모터 제어 성능 및 제어 자유도를 향상시킬 수 있는 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 일반적으로 모터를 구동하기 위한 시스템은, 전원 저장 장치(예를 들어, 배터리)와 전원 저장 장치에 저장된 직류 전력을 모터를 구동하기 위한 교류의 전력으로 변환하는 인버터 및 모터로 이루어질 수 있다.

[0004] 여기서, 인버터는 복수의 스위칭 소자를 포함하며 이 복수의 스위칭 소자가 펄스폭변조(Pulse Width Modulation: PWM) 방식으로 제어됨으로써 교류 전력을 생성할 수 있게 된다. 인버터에 의해 생성된 교류전력은 모터로 제공되어 모터가 운전된다.

[0005] 인버터에서 모터로 교류 전압을 제공함에 있어서, 인버터를 6-스텝 운전으로 제어하는 경우 동일한 출력 조건에서 모터가 소비하는 전류를 줄일 수 있음이 알려져 있다. 인버터를 6-스텝 운전으로 제어하여 모터에 전압을 공급하는 것은 인버터와 모터의 출력 및 효율을 향상시킬 뿐만 아니라, 모터가 탑재되는 전기 자동차, 하이브리드 자동차 또는 연료전지 자동차 등과 같은 친환경 차량의 시스템 효율을 향상시키는 동시에 연비 개선 효과를 제공할 수 있다.

[0006] 6-스텝 운전을 구현하는 방법에는 다양한 방법이 존재하며, 이 출원의 출원인은 특허 출원 제10-2014-0083481호를 통해 HOVM(High gain Over Voltage Modulation)을 이용한 12샘플 위상 제어 방법을 특허 출원한 바 있다.

[0007] 상기 문헌에 개시된 12샘플 위상 제어 방법은 지령 전압 벡터에 특정 게인(gain)을 적용하여 의도적으로 d-q 벡터 공간서 원점으로부터 멀리 이동시킨 후, 이를 최소거리 과변조 기법을 이용하여 인버터 출력을 최대로 사용할 수 있도록 전압 벡터도의 육각형의 꼭지점으로 변환하는 기법이다.

[0008] 12 샘플 위상 제어 기법은 한 주기에 12 회의 샘플링을 수행하므로, 전압 벡터도의 각 꼭지점을 기준으로  $\pm 15$  도의 위상 차이를 가지도록 제어하게 된다. 따라서, 각 꼭지점을 기준으로  $\pm 15$  도에 위치한 전압 벡터는 최소 거리 과변조를 통해 모두 기준의 꼭지점으로 향하게 되므로, HOVM의 출력 벡터는 한 주기 전체가 일정한 스위칭 상태를 유지하게 된다. 즉, 스위칭 주기 단위로 스위칭 벡터가 반복하여 나타나므로 12 샘플 위상 제어 기법에서 HOVM의 출력은 듀티가 고정되게 된다.

[0009] 이와 같이, 종래의 12 샘플 위상 제어 기법은 스위치별 듀티가 고정되므로 전류 제어 성능이 떨어지고 제어 차

유도에 제약을 받는 한계가 있다. 또한, 종래의 12 샘플 위상 제어 기법은 고속화 되는 추세의 모터 속도를 고려할 때 모터의 회전 주파수 대비 샘플링 수가 낮아 고속 운전시 전류 제어 성능이 감소하게 되는 문제를 갖는다.

[0011] 상기의 배경기술로서 설명된 사항들은 본 발명의 배경에 대한 이해 증진을 위한 것일 뿐, 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 이미 알려진 종래기술에 해당함을 인정하는 것으로 받아들여져서는 안 될 것이다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) KR 10-2016-0007850 A

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0014] 이에 본 발명은, 6-스텝 제어 기법을 적용하여 인버터를 제어함에 있어 샘플링 주파수를 증가시켜 고속에서의 모터 제어 성능 및 제어 자유도를 향상시킬 수 있는 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치를 제공하는 것을 해결하고자 하는 기술적 과제로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0016] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 수단으로서 본 발명은,

[0017] 모터로 제공되는 전류를 측정할 d/q축 전류 검출값이 모터를 구동하기 위한 d/q축 전류 지령을 추종하도록 하기 위한 전압 지령을 생성하고, 상기 전압 지령의 전압 벡터 위상을 기반으로 생성된 샘플링 주파수에 따라 샘플링된 전압 지령을 전압 벡터도 상의 육각형의 각 꼭지점 및 변 위의 일 지점에 해당하는 전압 벡터로 변환하여 상기 모터를 구동하는 인버터에 인가하는 전류제어 테스크부; 및

[0018] 상기 전압 지령의 전압 벡터 위상과 상기 모터의 1회전 주기 동안 이루어지는 사전 설정된 샘플링 회수를 기반으로 상기 샘플링 주파수를 연산하는 샘플 주파수 연산부;

[0019] 를 포함하는 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치를 제공한다.

[0020] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 전류제어 테스크부는, 상기 전압 지령을 생성하는 전류 제어기; 상기 전압 지령에 상기 샘플링 주파수에 따라 사전 설정된 계인을 곱해 상기 샘플링 회수에 대응되는 개수의 하이 계인 오버 전압 변조된 전압 지령을 생성하는 HOVM 제어부; 및 상기 HOVM 제어부에서 생성된 복수의 하이 계인 오버 전압 변조된 전압 지령을 최소거리 과변조 제어하여 상기 전압 벡터도의 육각형 꼭지점 및 변 위의 일 지점에 해당하는 전압 벡터로 변환하는 전압 변조부를 포함할 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 샘플 주파수 연산부는, 상기 전압 벡터도 상의 육각형 상에서 d 축을 기준으로 d 축의 상하에 연속으로 존재하는 두 샘플링 지점에서의 q 값을 서로 합산하여 0이 되도록 상기 샘플링 주파수를 결정할 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 샘플 주파수 연산부는, 상기 샘플 주파수 연산부는 상기 샘플링 주파수에 의한 샘플링 구간에서 인버터 출력의 온/오프 시퀀스를 판단하여 상기 샘플링 주파수를 결정할 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 전압 벡터도 상의 육각형 상에서 d 축을 기준으로 d 축의 상하에 연속으로 존재하는 두 샘플링 지점에서의 q 값을 서로 합산하는 제1 덧셈기; 상기 샘플링 주파수에 의한 연속된 샘플링 구간에서 반복되는 사전 설정된 온/오프 시퀀스를 판단하고 그에 대응되는 1 및 -1의 값을 샘플링 주기마다 반복 출력하는 시퀀스 판별부; 상기 제1 덧셈기의 합산 결과에 상기 시퀀스 판별부에서 출력된 값을 곱셈하는 곱셈기; 상기 곱셈기의 연산 결과를 0으로 수렴하는 주파수 제어기; 및 상기 주파수 변경값과 상기 모터의 스리

칭 주파수를 상기 샘플링 회수로 나눈 값을 합산하여 상기 샘플링 주파수를 결정하는 제2 덧셈기를 포함할 수 있다.

- [0024] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 샘플 주파수 연산부는, 상기 샘플링 주파수를 조정하여 상기 인버터의 출력 전압의 스위칭 듀티를 변경할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 전압 벡터도 상의 육각형의 변 위의 일 지점에 해당하는 전압 벡터는 상기 육각형의 인접한 두 지점에 대응되는 전압 벡터가 일정 비율로 나타나는 전압 벡터일 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시형태에서, 상기 전압 벡터도 상의 육각형의 변 위의 일 지점에 해당하는 전압 벡터에 의해 상기 인버터 내 스위치의 스위칭이 이루어질 수 있다.

**발명의 효과**

- [0028] 상기 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치에 따르면, 모터의 1 회전 주기 또는 인버터 출력 전압의 1 스위칭 주기 내에 12 샘플을 초과하는 다수의 샘플링을 안정적으로 수행할 수 있게 한다. 이에 따라, 상기 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치는 인버터의 전류 제어성을 향상시킬 뿐만 아니라 제어 자유도를 향상시킬 수 있다.
- [0029] 특히, 상기 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치는, 스위칭 시퀀스를 판별하여 인버터 내 스위칭 소자의 스위칭 시 추가적인 불필요한 스위칭이 발생하는 것을 방지할 수 있으며 이로 인해 인버터 출력 전압이 감소하는 것을 방지할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시형태에 따른 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치가 적용되는 모터 구동 시스템의 회로도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시형태에 따른 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치를 더욱 상세하게 도시한 블록 구성도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시형태에 적용되는 18 샘플 위상 제어를 설명하기 위한 정지 좌표계의 전압 벡터도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시형태에 따른 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치의 샘플 주파수 연산부를 도시한 상세 구성도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시형태에 따른 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치가 수행하는 18 샘플 위상 제어의 정상적인 출력 전압도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시형태에 따른 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치가 수행하는 18 샘플 위상 제어의 진행과정에서 역위상에 의해 추가 스위칭이 발생하는 비정상적인 출력 전압도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0032] 이하, 첨부 도면을 참조하여 다양한 실시 형태에 따른 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치를 더욱 상세하게 설명한다.
- [0033] 도 1은 본 발명의 일 실시형태에 따른 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치가 적용되는 모터 구동 시스템의 회로도이다.
- [0034] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시형태에 따른 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치가 적용되는 모터 구동 시스템, 에너지 저장 장치(10)와 인버터(20)와 모터(30)와 회전각 센서(31) 및 컨트롤러(100)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0035] 에너지 저장 장치(10)는 배터리 등과 같이 모터(30) 구동을 위한 전기 에너지를 직류의 형태로 저장하는 요소로서 직류 전력을 출력한다.
- [0036] 인버터(13)는 에너지 저장 장치(10)에 저장되어 제공되는 직류 전력을 모터 구동을 위한 교류 전력으로 변환하기 위한 요소로서 컨트롤러(100)에서 제공되는 펄스폭변조 신호에 의해 온/오프 상태가 제어되는 복수의 스위칭

소자(S1 내지 S6)를 포함할 수 있다.

- [0037] 모터(30)는 인버터(20)로부터 제공되는 삼상 교류전력을 입력 받아 회전력을 발생시키는 요소로서, 당 기술분야에 알려진 다양한 종류의 모터가 채용될 수 있다. 친환경 차량에서는 차량의 구동 휠에 회전력을 제공하는 모터로서 구동모터로 지칭될 수도 있다.
- [0038] 회전각 센서(31)는 모터의 회전자의 위치 즉 모터 회전자의 회전각을 검출하는 요소로서, 모터(30)의 회전자의 각도를 검출하고, 검출된 회전자의 회전각에 대한 정보를 포함하는 회전각 검출 신호를 연속적으로 출력할 수 있다. 예를 들어, 회전각 센서(31)는 레졸버 등으로 구현될 수 있다.
- [0039] 컨트롤러(100)는 기본적으로 모터(30)의 토크를 원하는 값으로 제어하기 위해 인버터(20)의 스위칭 소자(S1-S6)의 듀티 사이클(듀티 비)를 적절하게 조정하는 펄스폭변조 방식의 제어를 수행할 수 있다. 이러한 제어를 위해, 컨트롤러(100)는 회전각 센서(31)에서 제공되는 신호 및 모터(30)로 제공되는 전류를 검출한 값( $I_u$ ,  $I_v$ )들을 특정 시점에서 샘플링하고 샘플링된 값들을 기반으로 현재 구동 중인 모터(30)의 토크 관련 정보를 도출한다. 이어, 컨트롤러(100)는 외부에서 입력되는 모터(30)에 대한 토크 지령치(모터(30)를 통해 얻고자 하는 토크 목표치)와 샘플링된 값들을 기반으로 도출한 현재 구동 중인 모터(30)의 토크 관련 정보를 비교한 결과를 기반으로, 모터(30)가 토크 지령치에 대응되는 값을 출력할 수 있도록 인버터(20) 내의 스위칭 소자(S1-S6)들을 제어한다.
- [0040] 본 발명의 일 실시형태에서, 컨트롤러(100)는 인버터(20)를 6-스텝 운전 기법으로 제어하며, 특히 높은 샘플링 주파수로 HOVM(High gain Over Voltage Modulation)을 적용하여 모터를 제어한다. 도 1에서 컨트롤러(100)는 본 발명에 따른 인버터 제어 장치가 될 수 있다.
- [0041] 도 1에서 참조부호 '11'은 에너지 저장 장치(10)와 인버터(20) 사이의 전기적 연결 상태를 결정하기 위해 마련된 릴레이이며, 도 1의 시스템이 친환경 차량에 적용되는 경우 차량 시동 시 온되고 차량이 섰다운 되는 경우 오프되도록 컨트롤러(100)에 의해 제어될 수 있다. 또한, 도 1에서 참조부호 'C'는 에너지 저장 장치(10)와 인버터(20)가 연결된 단자에 선트로 연결되는 직류 링크 커패시터로, 이 직류 링크 커패시터의 양단 전압( $V_{dc}$ )이 인버터(20)로 제공되는 직류 입력 전압을 형성하게 된다. 직류 링크 커패시터의 양단 전압( $V_{dc}$ )은 컨트롤러(100)에 제공되어 인버터(20)를 제어하는데 적용될 수 있다.
- [0042] 도 2는 본 발명의 일 실시형태에 따른 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치를 더욱 상세하게 도시한 블록 구성도로서, 도 1의 컨트롤러(100)의 세부 구성을 도시한 것으로 이해될 수 있을 것이다.
- [0043] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시형태에 따른 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치(도 1의 컨트롤러(100))는 외부에서 입력되는 토크 지령 및 모터의 역자속을 입력 받아 그에 대응되는 모터의 전류 지령( $I_{dqREF}$ )을 출력하는 전류 지령맵(110)과 전류 지령( $I_{dqREF}$ )과 모터(30)로 제공되는 전류를 검출한 전류 검출값을 서로 비교하여 전류 검출값이 전류 지령( $I_{dqREF}$ )을 추종하도록 하기 위한 전압 지령( $V_{dqsREF}$ )을 생성하고 전압 지령( $V_{dqsREF}$ )에 상응하는 인버터(20)의 출력이 발생하도록 HOVM 방식을 적용하여 인버터(20) 내 스위칭 소자(S1-S6)의 온/오프를 제어하는 게이트 신호를 생성하는 전류제어 테스크부(120) 및 전류제어 테스크부(120)의 동작 주기를 결정하는 샘플주파수 연산부(130)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0044] 또한, 본 발명의 일 실시형태에 따른 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치는 모터(30)로 제공되는 전류를 검출한 전류 검출값의 좌표를 변환하는 좌표 변환부(140)와 모터(30)에 설치된 회전각 센서(31)에서 검출된 회전각 정보를 이용하여 모터(30)의 회전 속도를 추정하는 속도 추정부(150)를 더 포함할 수 있다.
- [0045] 전류 지령맵(110)은 토크 지령과 역자속에 동시 매칭되는 전류 지령( $I_{dqREF}$ )을 사전에 저장할 수 있다. 이에 따라, 전류 지령맵(110)은 외부의 상위 제어기 등에서 입력되는 모터의 토크 지령과 모터에서 출력되는 역자속을 검출한 값을 입력 받아 그에 대응되는 전류 지령( $I_{dqREF}$ )을 출력하게 된다. 전류 지령( $I_{dqREF}$ )은 정지 좌표계의 d/q 축 전류 지령의 형태를 가질 수 있다.
- [0046] 전류 제어 테스크부(120)는 전류 제어기(121)와 HOVM 제어부(122)와 전압 변조부(123)를 포함할 수 있다.
- [0047] 전류 제어기(121)는 전류 지령맵(110)으로부터 전류 지령( $I_{dqREF}$ )을 제공받고, 좌표 변환부(140)으로부터 모터로 제공되는 전류를 실측한 전류 검출값( $I_u$ ,  $I_v$ )을 d/q축 전류로 변환한 값( $I_{dq}$ )를 제공받으며, 속도 추정부(150)로부터 추정된 모터의 회전 속도(회전 주파수)( $\omega_r$ )를 제공 받을 수 있다. 전류 제어기(121)는 제공 받은 정보

를 이용하여 전압 지령( $V_{dqssRef}$ )을 생성할 수 있다.

- [0048] 전류 제어기(121)는 전류 지령맵(110)에서 출력된 d/q축 전류 지령( $I_{dqREF}$ )과 와 실측된 d/q축 전류( $I_{dq}$ ) 사이의 차이 성분을 이용하여 전압 지령( $V_{dqssRef}$ )을 생성할 수 있다. 특히, 전류 제어기(121)는 비례적분(PI) 제어기의 형태로 구현될 수 있다. 전류 제어기(121)는, d/q축 전류 지령( $I_{dqREF}$ )과 실측된 d/q축 전류( $I_{dq}$ ) 사이의 차이 성분의 비례적분하는 방식으로 실측된 d/q축 전류( $I_{dq}$ )가 전류 지령( $I_{dqREF}$ )을 추종하도록 제어할 수 있는 전압 지령(정지 좌표계)을 생성한다.
- [0049] HOVM 제어부(122)는 샘플 주파수 연산부(130)에 의해 결정된 스위칭 주파수( $F_{sw}$ ) 및 샘플링 주파수( $F_{smp}$ )를 기반으로 전류 제어기(120)에서 출력되는 전압 지령( $V_{dqssREF}$ )에 사전 설정된 계인을 곱해 기본과 한 주기당 복수의 하이 계인 오버 전압 변조된 출력전압( $V_{dqssREF'}$ )을 생성한다.
- [0050] 전압 변조부(123)는 최소거리 과변조 제어를 통하여 하이 계인 오버 전압 변조된 전압 지령( $V_{dqssREF'}$ )을 전압 벡터도의 육각형 꼭지점 또는 육각형 변 위의 일 지점에 해당하는 전압 지령을 생성하여 인버터로 인가할 수 있다.
- [0051] 샘플 주파수 연산부(130)는 입력되는 전압 지령( $V_{dqssREF}$ )의 벡터 위상 성분을 이용하여 샘플 위상 제어를 위한 스위칭 주파수( $F_{sw}$ ) 및 샘플링 주파수( $F_{smp}$ )를 생성한다. 예를 들어, 본 발명의 일 실시형태는 18 샘플 위상 제어를 위한 스위칭 주파수 성분과 샘플링 주파수 성분을 계산할 수 있다. 스위칭 주파수( $F_{sw}$ )는 모터의 1 회전에 해당하는 모터의 구동 주파수로서, 모터의 1회전 내에 이루어지는 샘플링 회수에 기반하여 샘플링 주파수가 결정됨에 따라 결정될 수 있다.
- [0052] 이상과 같이 구성되는 본 발명의 일 실시형태에 따른 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치는 다음의 설명과 같이 작동하여 인버터(20)를 6-스텝 제어할 수 있다.
- [0053] 먼저, 전류 지령맵(10)에서 모터 구동을 위한 d/q축 전류 지령을 생성( $I_{dqREF}$ )하고, 생성된 전류 지령( $I_{dqREF}$ )은 전류 제어기(121)에 입력된다. 이와 함께, 인버터(20)의 출력 측에 배치된 전류 센서에서 검출된 u/v상 전류 검출값( $I_u, I_v$ )는 좌표 변환부(140)의 좌표 변환을 통해 d/q축 전류로 변환되어 전류 제어기(121)에 입력될 수 있다.
- [0054] 이어, 전류 제어기(121)는 입력 받은 d/q축 전류 지령( $I_{dqREF}$ )과 실제 인버터(20)에서 모터(30)로 제공되는 d/q축 전류( $I_{dq}$ ) 간의 차이를 이용하여 전압 지령( $V_{dqssREF}$ )을 생성할 수 있다. 전술한 바와 같이, 전류 제어기(121)는 비례적분(PI) 제어기의 형태로 구현될 수 있으며, 이 경우 전류 제어기(121)는 입력 받은 d/q축 전류 지령( $I_{dqREF}$ )과 실제 인버터(20)에서 모터(30)로 제공되는 d/q축 전류( $I_{dq}$ ) 간의 차이에 비례이득을 적용하고 적분하여 두 값의 차이를 최소화할 수 있는 정지 좌표계에서의 전압 지령( $V_{dqssREF}$ )을 생성할 수 있다.
- [0055] 이어, 전류 제어기(121)에서 출력되는 전압 지령( $V_{dqssREF}$ )은 샘플 주파수 연산부(130)로 제공되고 샘플 주파수 연산부(130)는 전압 지령( $V_{dqssREF}$ )을 이용하여 전압 벡터 위상을 검출한다. 또한, 샘플 주파수 연산부(130)는 검출된 전압 벡터 위상을 이용하여 18 샘플 위상 제어를 위한 샘플링 주파수를 연산한다.
- [0056] 더욱 구체적으로, 샘플 주파수 연산부(130)에서 검출된 전압 지령( $V_{dqssREF}$ )의 전압 벡터 위상은 첨부한 도 3에서 나타나 듯이, 인버터 전압 벡터도로서 육각형의 정지 좌표계로 표현될 수 있다. 도 3은 본 발명의 일 실시형태에 적용되는 18 샘플 위상 제어를 설명하기 위한 정지 좌표계의 전압 벡터도이다.
- [0057] 도 3의 전압 벡터도에서, 육각형은 전압 지령( $V_{dqssREF}$ )의 전압 벡터 위상을 나타내고 원점에서 꼭지점까지의 거리는 인버터(20)로 입력되는 직류의 인버터 입력 전압에 의해 결정될 수 있다. 인버터(20)의 전압은 정지 좌표계의 원점을 중심으로 하는 원으로 표시될 수 있으며, 인버터 전압이용율이 100%일 때의 육각형에 내접하는 원이 될 수 있다. 육각형의 중심(원점)과 각 꼭지점은 인버터 출력 전압 벡터를 나타낸다.
- [0058] 샘플 주파수 연산부(130)는 전압 벡터 위상 성분을 이용하여 18 샘플 위상 제어를 위한 스위칭 주파수( $F_{sw}$ ) 및 샘플링 주파수( $F_{smp}$ )를 생성한다. 이는, 18 샘플 위상 제어를 위한 스위칭 주파수가 인버터의 3상 기본과 한 주기당 18 샘플을 가진다는 의미이며, 이를 도 3의 벡터도에 나타낼 때 샘플링 주파수( $F_{smp}$ )는 전압 벡터도의

육각형의 변 상에 18개의 포인트를 생성하기 위한 위상 제어용 주파수 성분을 말한다.

- [0059] 이상적인 경우, 도 3의 벡터도의 육각형 일변에 세개의 샘플링 포인트가 형성될 수 있으며 d축을 기준으로 상하 대칭을 이루도록 샘플링 포인트가 형성될 수 있다.
- [0060] 도 4는 본 발명의 일 실시형태에 따른 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치의 샘플 주파수 연산부를 도시한 상세 구성도이다.
- [0061] 전술한 것과 같이, 벡터도 6각형 상의 d축을 기준으로 상하 대칭을 이루도록 샘플링 포인트를 형성하기 위해, 샘플 주파수 연산부(130)는 전압 벡터도 상의 육각형 상에서 d 축을 기준으로 d 축의 상하에 연속으로 존재하는 두 샘플링 지점에서의 q 값을 서로 합산하여 0이 될 수 있도록 샘플링 주파수를 조정한다. 즉, 샘플 주파수 연산부(130)은 도 3에서  $V_{0+}$  및  $V_{0-}$ 로 표시된 두 점의 q 값을 비교하여 샘플링 주파수를 조정할 수 있다. 이 두 점의 q 값의 합을 0으로 설정할 수 있는 주파수 성분이 결국 전압 벡터도의 육각형에 인버터의 각 상의 출력 전압의 한 주기 당 원하는 샘플링 수를 생성할 수 있는 위상 제어용 주파수가 성분이 되는 것이다.
- [0062] 이와 같이, 샘플링 위상 제어에서 샘플링 주파수가 최적으로 설정된 경우  $V_{0+}$  및  $V_{0-}$ 로 표시된 두 점은 d 축을 기준으로 완벽한 대칭을 이루게 되므로 두 점의 q 값의 합은 0이 되어야 한다.
- [0063] 따라서, 샘플 주파수 연산부(130)는 d 축을 기준으로 d 축의 상하에 연속으로 존재하는 두 샘플링 지점에서의 q 값( $V_{0+,q}$ ,  $V_{0-,q}$ )을 서로 합산하는 덧셈기(131)를 포함할 수 있다.
- [0064] 또한, 샘플링 주기마다 온/오프 시퀀스가 변경되는 점을 고려하여 덧셈기(131)에서 출력된 값에 1 또는 -1의 값을 곱셈하는 곱셈기(135)가 구비될 수 있다. 곱셈기(135)에 제공되는 1 또는 -1의 값은 시퀀스 판별부(132)에서 두 값을 서로 교대로 출력할 수 있다.
- [0065] 주파수 제어기(133)는 곱셈기(135)에서 출력되는 값이 0으로 수렴할 수 있도록 주파수 변경값( $\Delta F^*$ )를 결정한다.
- [0066] 이어, 또 다른 덧셈기(134)가 주파수 변경값( $\Delta F^*$ )을 1회전 주기에 대응되는 스위칭 주파수( $F_{sw}$ )를 원하는 샘플 수(여기서는, 18 샘플)로 나눈 값에 더하여 최종적으로 샘플링 주파수( $F_{samp^*}$ )를 생성할 수 있다.
- [0067] 한편, 18 샘플 위상 제어의 경우 한 샘플링 내에서 인버터 전압의 상태 변화가 발생할 수 있다. 다시 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시형태에 따르면, HOVM 제어부(122)에 의해 샘플링 포인트에 대응되는 전압 지령( $V_{dqss,REF}$ )은 사전 설정된 계인에 의해 정지 좌표계의 원점에서 더 멀어지는 방향으로 이동하고(도 3에서  $V_{dqss,REF}'$ 에 대응되는 전압), 이어 전압 변조부(123)는 최소거리 과변조 제어를 통하여 하이 계인 오버 전압 변조된 전압 지령( $V_{dqss,REF}'$ )을 하이 계인 오버 전압 변조 이전에 위치한 육각형 변 또는 꼭지점으로 이동시킨 후 전압 변조를 수행하게 할 수 있다.
- [0068] 여기서, 18 샘플링 위상 제어를 수행하는 경우, 육각형의 각 변에 형성된 세 개의 샘플링 지점에 대해 HOVM 및 최소거리 과변조 제어를 수행하는 경우, 각 변의 세 개 샘플링 지점 중 가운데에 해당하는 샘플링 지점은 육각형의 변으로 이동하게 된다. 변으로 이동한 샘플링 지점에 해당하는 전압은 이동한 변의 양단 꼭지점의 전압 벡터를 일정 비율로 나누어 출력할 수 있다. 예를 들어, 전압 벡터 [100]에 해당하는 꼭지점과 [110]에 해당하는 꼭지점 사이의 변으로 이동한 전압이 20도 정도로 [100]에 보다 가까이 형성되면, 출력되는 전압 벡터는 [100]이 66%, [110]이 33% 출력되고, 반대로 이동한 전압이 40도 정도로 [110]에 보다 가까이 형성되면 출력되는 전압 벡터는 [100]이 33%, [110]이 66% 출력될 수 있다.
- [0069] 이러한 점을 참조하면, 본 발명의 일 실시형태는 샘플링 주파수를 적절히 결정함으로써 인버터 출력 전압의 스위칭이 이루어지는 시점을 조정할 수 있다. 이에 따라 본 발명의 일 실시형태는 인버터 제어의 자유도를 향상시킬 수 있게 된다.
- [0070] 도 5는 본 발명의 일 실시형태에 따른 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치가 수행하는 18 샘플 위상 제어의 정상적인 출력 전압도이다. 또한, 도 6은 본 발명의 일 실시형태에 따른 모터 구동을 위한 인버터 제어 장치가 수행하는 18 샘플 위상 제어의 진행과정에서 역위상에 의해 추가 스위칭이 발생하는 비정상적인 출력 전압도이다.
- [0071] 일반적으로, 전압 벡터도에서 6각형 내부에 샘플링 지점이 형성되는 경우 샘플링 지점의 위치에 기반하여 각 샘플링 구간마다 모든 스위칭에서 스위칭이 발생하게 된다.

- [0072] 또한, 전술한 것과 같이, 샘플링 지점이 전압 벡터도의 육각형의 변에 위치하게 되면 그 위치에 기반하여 하나의 스위치에서 온 또는 오프 1회의 시퀀스가 나타나게 된다.
- [0073] 또한, 샘플링 지점이 꼭지점인 경우에는 해당 꼭지점에 대응되는 하나의 상태만 출력하게 된다. 즉, 종래 기술로서 설명한 12 샘플 위상 제어기법(KR 10-2016-0007850 A)이 적용되는 경우 각 샘플링 시점에서만 하나의 출력을 형성하게 되고 샘플링 구간에서는 온/오프 시퀀스가 발생하지 않는다.
- [0074] 본 발명의 일 실시형태와 같이 18 샘플 위상제어의 경우 12개의 출력 전압은 꼭지점으로 결정되기 때문에 해당 경우 스위칭이 발생하지 않으나, 변으로 이동하는 샘플링 지점인 경우 샘플링 구간에서 스위칭이 발생하게 된다.
- [0075] 이러한 샘플링 구간 동안의 스위칭이 도 5에 도시된다.
- [0076] 한편, 샘플링을 제어하는 마이컴의 내부 설정에 의해 샘플링 구간 별로 스위치가 온되는 시퀀스와 오프되는 시퀀스가 순차적으로 반복되어 발생하게 된다. 즉, 온 시퀀스를 갖는 샘플링 구간에서는 스위치가 온되고 오프 시퀀스를 갖는 샘플링 구간에서는 스위치가 오프되도록 작동하는 것이 일반적인 설정이다. 예를 들어, 도 5의 ①번 샘플링 구간이 온 시퀀스 구간이 ②번 샘플링 구간이 오프 시퀀스 구간이라고 하면, ②번 샘플링 구간의  $V_w$ 의 경우, 이전 샘플링 구간(①)에서 스위치 상태가 온이었고, 그 이후 샘플링 구간(③)에서 오프 상태가 되어야 하므로 오프 샘플링 구간인 ②번 샘플링 구간 중에는 스위치가 오프되는 것이 이상적이다. 그러나, 도 6과 같이 오프 시퀀스 구간인 ②번 샘플링 구간 중에 스위치 온이 이루어져야 하는 경우가 발생하면 샘플링 구간(③)에서 다시 스위치가 오프되어야 하므로 추가적인 스위칭이 발생하게 되고, 출력도 줄어들게 된다. 도 6에 나타난 바와 같이, 전압 벡터도의 육각형의 각 변의 중심 또는 중심에 인접한 샘플링 포인트에서는 해당 샘플링 구간이 이루어지는 온/오프 시퀀스가 유지 되지 못하고 역위상에 의해 추가적인 스위칭이 발생할 수 있다. 이러한 추가적으로 발생하는 스위칭은 출력전압의 크기를 감소시켜 결국 모터 출력을 원하는 만큼 발생시키지 못하게 된다.
- [0077] 이러한 문제를 해소하기 위해, 도 4에 도시된 것과 같이, 본 발명의 일 실시형태에 따른 모터 구동 인버터 제어 장치 내 샘플 주파수 연산부는 해당 샘플링 구간의 시퀀스를 판별하는 시퀀스 판별부(132)를 포함할 수 있다. 이 시퀀스 판별부(132)는 샘플링을 제어하는 마이컴의 서로 반복되는 온-오프의 시퀀스에 대응되는 값을 1 또는 -1의 값으로 출력할 수 있다. 시퀀스 판별부(132)에서 출력되는 1 또는 -1의 값이  $q$  축 전압값을 합산한 결과에 곱셈되어 주파수 제어기(133)가 주파수 변경값( $\Delta F^*$ )을 결정할 수 있다. 시퀀스 판별부(132)에서 출력되는 1 또는 -1의 값은, 해당 샘플링 주기에서 이루어지는 스위칭과 마이컴에 설정된 시퀀스의 위상이 동일한 경우에는 연산된 주파수 변경값( $\Delta F^*$ )에 따른 제어가 이루어지게 하지만, 해당 샘플링 주기에서 이루어지는 스위칭과 마이컴에 설정된 시퀀스의 위상이 반대인 경우(온 시퀀스 설정에서 스위칭 오프 하거나 오프 시퀀스 설정에서 스위칭 온이 되는 경우)에는  $q$  축 전압값을 합산한 결과의 음양부호를 반대로 바꿔 샘플링 주파수( $F_{\text{samp}}$ )를 더 빠르게 혹은 더 느리게 변경한다. 이러한 과정을 반복하게 되면 해당 샘플링 주기에서 이루어지는 스위칭과 마이컴에 설정된 시퀀스의 위상이 동일해 지도록 샘플링 주파수( $F_{\text{samp}}$ )가 결정될 수 있다.
- [0078] 이상과 같이 샘플 주파수 연산부(130)에서 결정된 샘플링 주파수는 전류제어 테스크부(120)로 전달되고, 전류제어 테스크부(120)는 전달받은 샘플링 주파수를 이용하여 HOVM 및 최소거리 과변조 제어를 수행하게 된다. 최소거리 과변조 제어에 의해 생성된 신호(게이트 신호)는 인버터(20) 내의 스위칭 소자를 제어하는데 사용된다.
- [0079] 이상의 설명에서는 주로 18 샘플 위상 제어에 대해 설명하였으나 이는 일례일 뿐이며, 본 발명의 여러 실시형태는, 12 샘플을 초과하는 30 샘플 또는 42 샘플 등과 같이 정지 좌표계의 전압 벡터를 나타내는 육각형의 각 변의 중심에 인접하여 샘플링이 이루어지는 다수의 샘플링에 의해 6-스텝 제어를 수행하는 경우에 모두 적용 가능하다.
- [0081] 이상에서 본 발명의 특정한 실시형태에 관련하여 도시하고 설명하였지만, 이하의 특허청구범위에 의해 제공되는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 한도 내에서, 본 발명이 다양하게 개량 및 변화될 수 있다는 것은 당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

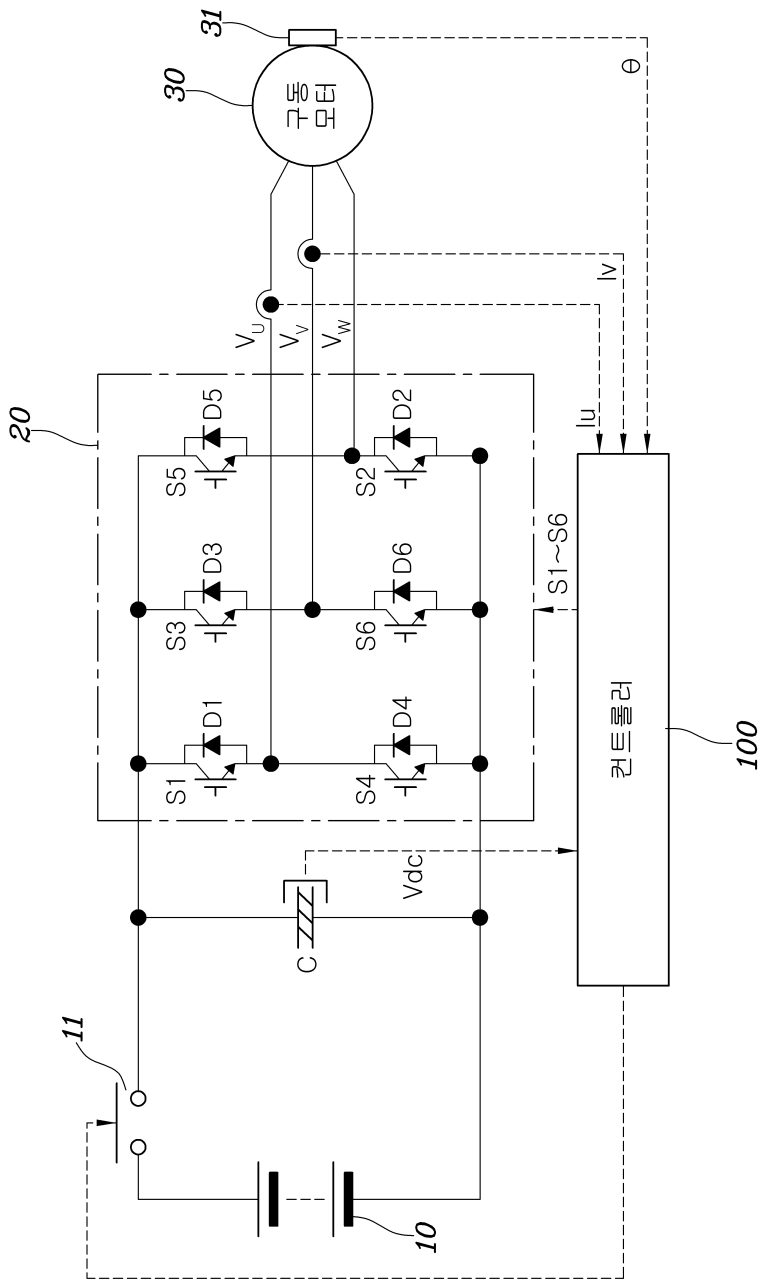
**부호의 설명**

- [0083] 10: 에너지 저장 장치 20: 인버터

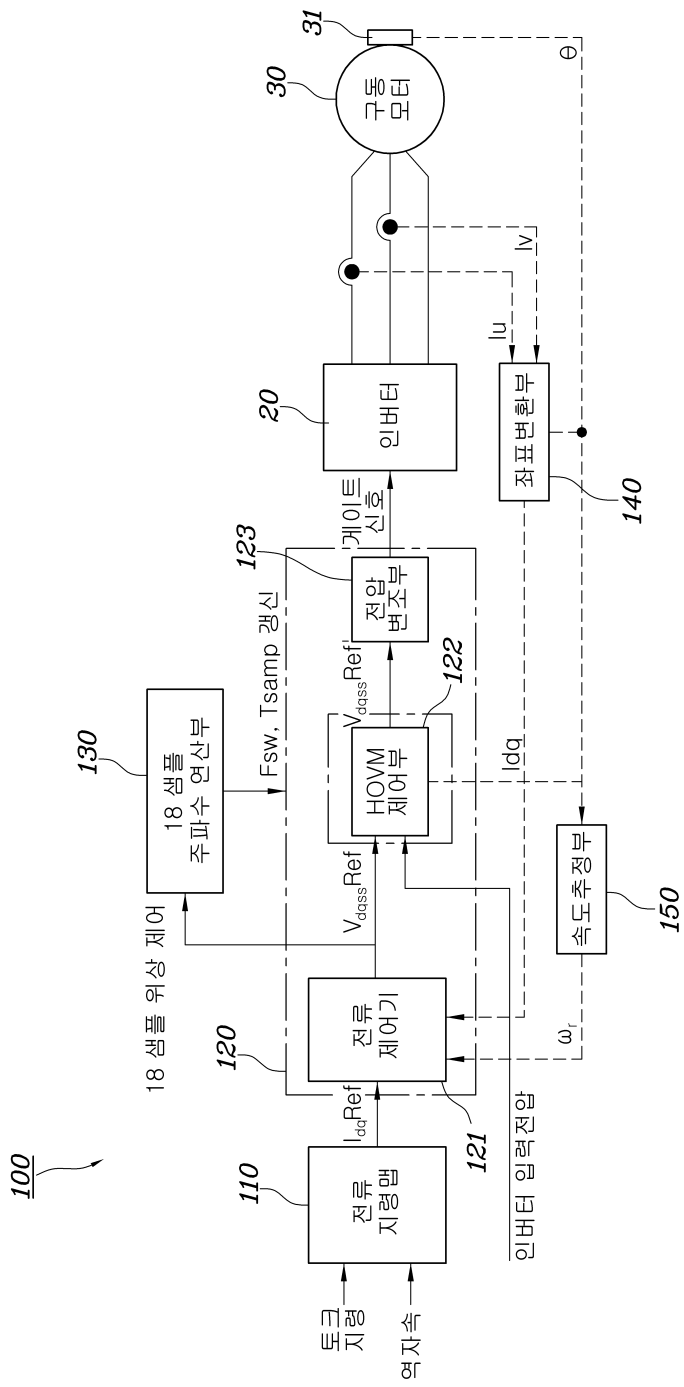
- 30: 모터    31: 회전각 센서
- 100: 컨트롤러(모터 구동 인버터 제어 장치)
- 110: 전류 지령값    120: 전류제어 테스크부
- 121: 전류 제어기    122: HOVM 제어부
- 123: 전압 변조부    130: 샘플 주파수 연산부

도면

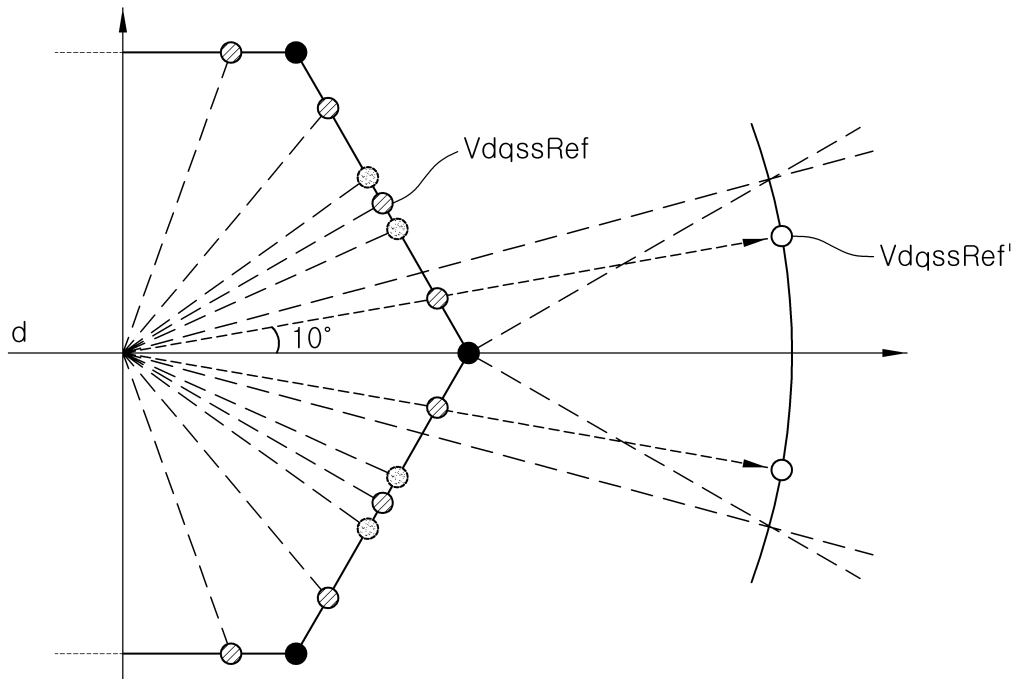
도면1



도면2

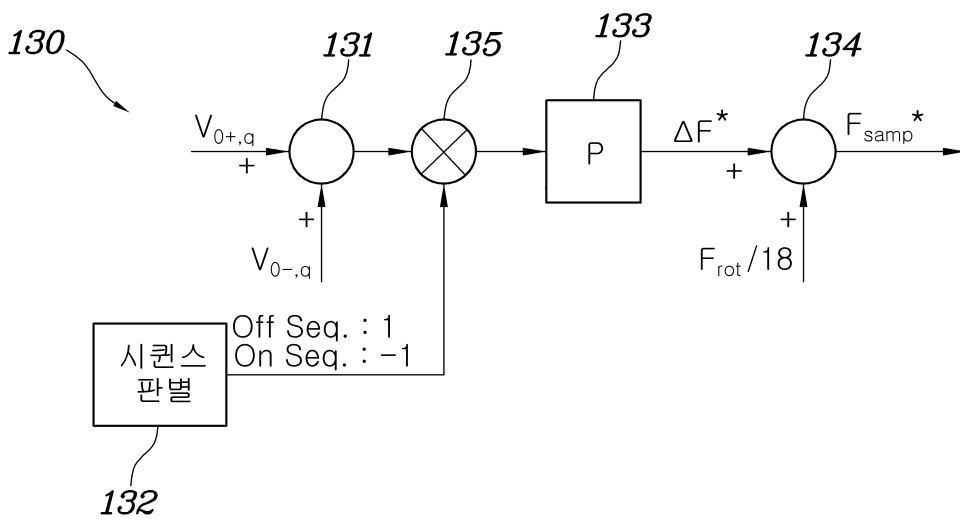


도면3

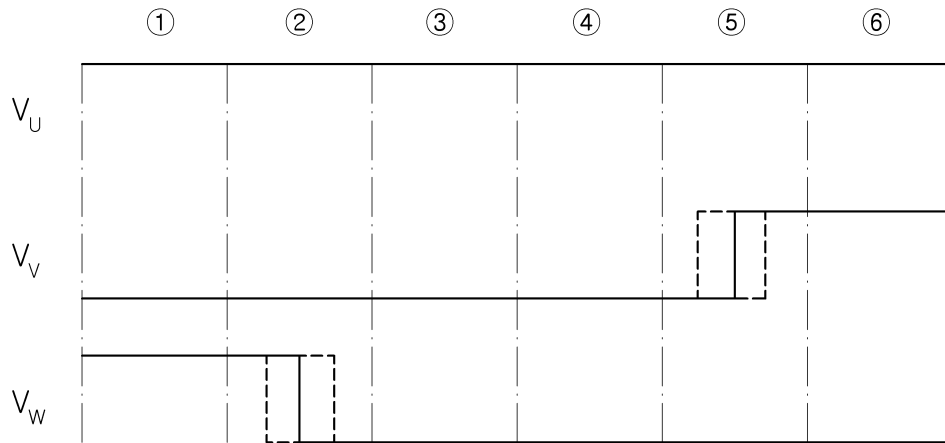


- ⊗ : 샘플링 포인트
- : HOVM 이후 이동 포인트
- ⊙ : 육각형의 변의 중심에 인접한 샘플링 포인트
- : HOVM 개인적용시 이동 포인트

도면4



도면5



도면6

