



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0036979
(43) 공개일자 2011년04월13일

(51) Int. Cl.

H02P 6/18 (2006.01) H02P 23/14 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0094191

(22) 출원일자 2009년10월05일

심사청구일자 2009년10월05일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 궁동 220번지 충남대학교

(72) 발명자

차한주

대전광역시 유성구 궁동 220 충남대학교 전기정보
통신공학부 전기전공

(74) 대리인

이은철

전체 청구항 수 : 총 6 항

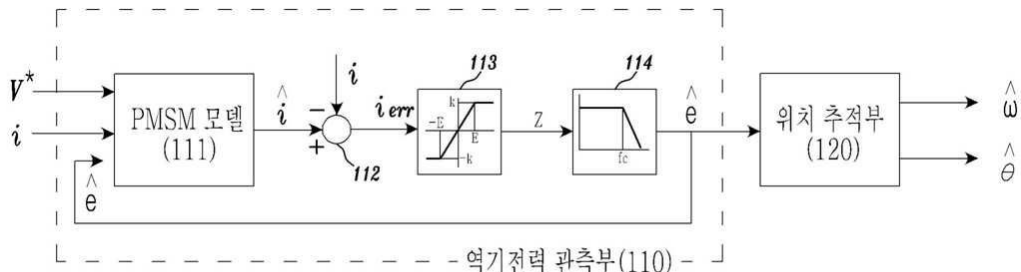
(54) 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기

(57) 요약

본 발명은 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기에 관한 것으로서, 동기좌표계상의 역기전력 관측부와, 적분기를 이용한 위치 추적부를 사용하여 전동기 상수 변화와 외란에 강인한 특성을 보이며, 속도 외란에 강인한 위치 정보를 구할 있는 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기를 제공함에 그 특징적인 목적이 있다.

이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 상기 전동기의 추정된 전류 $\hat{i}$ 와 실제 전동기 전류 i 의 차이값을 바탕으로 비선형 파형을 출력하고, 출력된 파형을 특정 주파수 이하로 컷 오프함으로써, 추정된 역기전력 $\hat{e}$ 를 계산하는 역기전력 관측부; 및 상기 역기전력 관측부를 통해 추정된 역기전력 $\hat{e}$ 를 바탕으로 추정된 속도 $\hat{\omega}$ 및 추정된 위치 $\hat{\theta}$ 를 계산하여 산출하는 위치 추적부; 를 포함한다.

대표도 - 도2



100

특허청구의 범위

청구항 1

속도 제어기(10), 전류 제어기(20), PWM 발생기(30), 인버터(40) 및 전동기(PMSM)(50)를 포함하는 전동기 구동기의 속도/위치 관측기(100)에 있어서,

상기 속도/위치 관측기(100)는,

상기 전동기(50)의 추정된 전류 $\hat{i}$ 와 실제 전동기 전류 i 의 차이값을 바탕으로 비선형 파형을 출력하고, 출력된 파형을 특정 주파수 이하로 컷 오프함으로써, 추정된 역기전력 $\hat{e}$ 를 계산하는 역기전력 관측부(110); 및

상기 역기전력 관측부(110)를 통해 추정된 역기전력 $\hat{e}$ 를 바탕으로 추정된 속도 $\hat{\omega}$ 및 추정된 위치 $\hat{\theta}$ 를 계산하여 산출하는 위치 추적부(120); 를 포함하는 것을 특징하는 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 역기전력 관측부(110)는,

상기 전류 제어기(20)로부터 출력된 인버터 출력전압 명령치 V^* , 실제 전동기 전류 i , 추정된 역기전력 $\hat{e}$ 를 입력받아, [수식 1] 과 같이 추정된 전동기 전류 $\hat{i}$ 를 계산하는 PMSM 모델(111);

상기 PMSM 모델(111)을 통해 추정된 전동기 전류 $\hat{i}$ 와 실제 전동기 전류 i 의 차이인, 전류 오차 i_{err} 를 구하여 가변 리미터(113)에 인가하는 전류 비교기(112);

상기 전류 오차 i_{err} 를 E, K 값에 따른 허용범위에 맞춤으로써, [수식 2] 와 같이 +K, -K, K/E* i_{err} 값을 갖는 비선형 파형을 출력하는 가변 리미터(113); 및

상기 가변 리미터(113)의 출력파형을 특정 주파수(fc) 이하로 컷 오프함으로써, 추정된 역기전력 $\hat{e}$ 를 계산하는 저역통과필터(114); 를 포함하는 것을 특징으로 하는 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기.

[수식 1]

$$\frac{d}{dt}\hat{i} = \begin{bmatrix} -\frac{R}{L} & \hat{\omega} \\ -\hat{\omega} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} \hat{i} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 \\ 0 & \frac{1}{L} \end{bmatrix} (V^* - \hat{e})$$

여기서, R은 고정자 저항, L은 고정자 동기 인덕턴스, $\hat{\omega}$ 는 추정 속도.

[수식 2]

$$i_{err} = \hat{i} - i$$

$$z = +K \text{ when } i_{err} > E$$

$$z = -K \text{ when } i_{err} < -E$$

$$z = K/E * \dot{i}_{err} \text{ when } -E < \dot{i}_{err} < E$$

여기서, K와 E 는, 0을 포함한 양수.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

추정된 전동기 전류 $\hat{i}$ 가 실제 전동기 전류 i 와 일치되도록 하기 위하여, 상기 저역통과필터(114)를 통해 계산된 역기전력 $\hat{e}$ 는, 상기 PMSM(111)에 변환되는 것을 특징으로 하는 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 위치 추적부(120)는,

상기 역기전력 관측부(110)를 통해 추정된 역기전력 $\hat{e}$ 를 바탕으로, 추정된 속도 $\hat{\omega}$ 를 계산하여 산출하는 PI 제어기(121); 및

상기 속도 $\hat{\omega}$ 를 적분하여 추정된 위치 $\hat{\theta}$ 를 계산하여 산출하는 적분기(122); 를 포함하는 것을 특징으로 하는 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

전동기 속도가 속도 명령치 ω^* 로 유지되도록 하기 위하여, 상기 PI 제어기(121)를 통해 산출된 속도 $\hat{\omega}$ 는, 속도 제어기(10)의 속도 제한값으로 인가되는 것을 특징으로 하는 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 역기전력 관측부(110) 및 위치 추적부(120)는, 동기좌표계상에서 동작하는 것을 특징으로 하는 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

본 발명은 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 엔코더를 대체하여 영구자석형 동기전동기의 속도와 위치 정보를 계산할 수 있는 역기전력 관측부와 위치 추적부를 이용한 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기에 관한 것이다.

배경 기술

[0001]

[0002] 영구자석형 동기전동기는 구조가 간단하며, 효율이 좋고 전력밀도가 높으며, 가격도 떨어지는 추세라 모든 산업 분야에서 적용되어 사용되고 있다. 이러한 영구자석형 동기전동기의 고성능 속도제어를 위해서 속도와 위치 정보를 이용한 벡터제어가 필요하다.

[0003] 통상 엔코더를 이용하여 그 정보들을 구하나, 엔코더는 동시에 전동기에 기계적인 취부의 어려움과 전기적 결선에 오동작의 원인이 된다. 따라서, 엔코더 없이 고성능 속도제어를 할 수 있는 방법이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0004] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 감안하여 안출된 엔코더를 대체하여 영구자석형 동기전동기의 속도와 위치 정보를 계산할 수 있는 역기전력 관측부와 위치 추적부를 이용한 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기에 관한 것으로서, 동기좌표계상의 역기전력 관측부와, 적분기를 이용한 위치 추적부를 사용하여 전동기 상수 변화와 외란에 강인한 특성을 보이며, 속도 외란에 강인한 위치 정보를 구할 수 있는 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기를 제공함에 그 특징적인 목적이 있다.

과제 해결수단

[0005] 이러한 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명은, 속도 제어기, 전류 제어기, PWM 발생기, 인버터 및 전동기(PMSM)를 포함하는 전동기 구동기의 속도/위치 관측기에 관한 것으로서, 상기 속도/위치 관측기는, 상기 전동기의 추정된 전류 $\hat{i}$ 와 실제 전동기 전류 i 의 차이값을 바탕으로 비선형 파형을 출력하고, 출력된 파형을 특정 주파수 이하로 컷 오프함으로써, 추정된 역기전력 $\hat{e}$ 를 계산하는 역기전력 관측부; 및 상기 역기전력 관측부를 통해 추정된 역기전력 $\hat{e}$ 를 바탕으로 추정된 속도 $\hat{\omega}$ 및 추정된 위치 $\hat{\theta}$ 를 계산하여 산출하는 위치 추적부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

효과

[0006] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 역기전력 관측부와 위치 추적부로 간단히 구성되어 있으며, 역기전력 관측부의 가변 리미터를 통해 운전 중 전동기 상수 변화와 외란에 강인한 특성을 보여주며, 적분기 구조를 이용한 위치 추적기부를 통해 속도 외란에 강인한 위치 정보를 구할 수 있는 효과가 있다. 따라서, 엔코더 취부가 어려운 응용분야의 영구자석형 동기전동기 센서리스 제어기로서의 적용에 적합하다.

[0007] 그리고, 본 발명에 따른 속도/위치 관측기는 표면 부착형 및 매입형 영구자석형 동기전동기에 사용이 가능한 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0008] 본 발명의 구체적 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다. 이에 앞서 본 발명에 관련된 공지 기능 및 그 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 구체적인 설명을 생략하였음에 유의해야 할 것이다.

[0009] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 상세하게 설명한다.

[0010] 본 발명에 따른 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기에 관하여 도 1 내지 도 4 를 참조하여 설명하면 다음과 같다.

[0011] 도 1 은 본 발명에 따른 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기(100)가 포함된 전동기 구동기에 관한 구성도로서, 전체적으로 속도 제어기(10), 전류 제어기(20), 속도/위치 관측기(100), PWM 발생기(30), 인버터(40) 및 영구자석형 동기전동기(Permanent Magnet Synchronous Motor: PMSM)(50)(이하, '전동기')로 구성된다.

[0012] 이때, 전류 제어기(20)와 속도/위치관측기(100)는 동기좌표계상에서 동작하며, 동기좌표계에 필요한 각도는 속도/위치 관측기의 위치 정보를 사용한다. 도시된 바와 같이, 속도/위치 관측기(100)는 영구자석의 축에 부착된 엔코더를 대체하여 속도와 위치정보를 계산한다.

[0013] 도 2 는 본 발명의 특징적인 일양상에 따른 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기(100)에 관한 구성도로서, 도시된 바와 같이 역기전력 관측부(110) 및 위치 추적부(120)로 구성된다.

[0014] 역기전력 관측부(110)는 전동기(50)의 추정된 전류 $\hat{i}$ 와 실제 전동기 전류 i 의 차이값을 바탕으로 비선형 파형을 출력하고, 출력된 파형을 특정 주파수 이하로 컷 오프함으로써, 추정된 역기전력 $\hat{e}$ 를 계산하는 기능을 수행하는 바, PMSM 모델(111), 전류 비교기(112), 가변 리미터(113) 및 저역통과필터(114)를 포함하여 이루어지며, 모든 신호는 동기좌표계상의 값이다.

[0015] 구체적으로, PMSM 모델(111)은 전류 제어기(20)로부터 출력된 인버터 출력전압 명령치 V^* , 실제 전동기 전류 i , 추정된 역기전력 $\hat{e}$ 를 입력받아, 추정된 전동기 전류 $\hat{i}$ 를 계산하며, 수식은 다음의 [수식 1] 과 같다.

[0016] [수식 1]

$$\frac{d}{dt}\hat{i} = \begin{bmatrix} -\frac{R}{L} & \hat{\omega} \\ -\hat{\omega} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} \hat{i} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} & 0 \\ 0 & \frac{1}{L} \end{bmatrix} (V^* - \hat{e})$$

[0018] 여기서, R은 고정자 저항, L은 고정자 동기 인덕턴스, $\hat{\omega}$ 는 추정 속도를 나타낸다.

[0019] 전류 비교기(112)는 PMSM 모델(111)을 통해 추정된 전동기 전류 $\hat{i}$ 와 실제 전동기 전류 i 의 차이인, 전류 오차 i_{err} 를 구하여 가변 리미터(113)에 인가한다.

[0020] 가변 리미터(113)는 입력된 전류 오차 i_{err} 를 K, E 값에 따른 허용범위에 맞춘다. 이때, 도 3 에 도시된 바와 같이 가변 리미터(113)의 출력은 z이며 동작은 다음의 [수식 2] 와 같다.

[0021] [수식 2]

$$i_{err} = \hat{i} - i$$

$$z = +K \text{ when } i_{err} > E$$

$$z = -K \text{ when } i_{err} < -E$$

$$z = K/E * i_{err} \text{ when } -E < i_{err} < E$$

[0026] 여기서, K, E 는 0을 포함한 양수이며, 응용분야에 따라 E와 K값을 바꿀 수 있다.

[0027] 가변 리미터(113)의 출력 z는 +K, -K, K/E* i_{err} 값을 갖는 비선형 파형이 되며, 저역통과필터(114)는 가변 리미터(113)의 출력파형을 특정 주파수(fc) 이하로 컷 오프함으로써, 추정된 역기전력 $\hat{e}$ 를 계산한다. 이후, 추정된 역기전력 $\hat{e}$ 는 다시 PMSM 모델(111)로 재환되어 추정된 전동기 전류 $\hat{i}$ 가 실제 전동기 전류 i 와 같게 되도록 동작한다.

[0028] 역기전력 추정에 가변 리미터를 사용함으로써, 운전 중 전동기 상수 변화와 외란에 강인한 특성을 보여주는 효과가 있다.

[0029] 그리고, 위치 추적부(120)는 역기전력 관측부(110)를 통해 추정된 역기전력 $\hat{e}$ 를 바탕으로 추정된 속도 $\hat{\omega}$ 및 추정된 위치 $\hat{\theta}$ 를 계산하여 산출하는 기능을 수행하는 바, 도 4 에 도시된 바와 같이 PI 제어기(121) 및 적분기(122)로 구성된다.

[0030] 구체적으로, PI 제어기(121)는 역기전력 관측부(110)를 통해 추정된 역기전력 $\hat{e}$ 를 바탕으로 추정된 속도 $\hat{\omega}$ 를 계산하여 산출하고, 적분기(122)는 속도 $\hat{\omega}$ 를 적분하여 추정된 위치 $\hat{\theta}$ 를 계산하여 산출한다.

[0031] 이때, 속도 $\hat{\omega}$ 는 상기 도 1 에 도시된 바와 같이 속도 제어기(10)의 속도 궤환값으로 인가되어 전동기 속도가 속도 명령치 ω^* 로 유지되도록 한다.

[0032] 아울러, 위치 추적부(120)에서 계산된 추정된 위치 $\hat{\theta}$ 는 전류 제어기(20)와 역기전력 관측부(110)에서 사용되는 동기좌표계의 각도로 사용되며, 이 추정된 위치 $\hat{\theta}$ 는 전동기 영구자석에 의해 발생한 자속의 방향과 일치하도록 본 발명에서 제안한 속도/위치 관측기(100)에 의하여 조정된다. 속도 및 위치 추정에 적분기를 이용한 위치 추적부(120)를 사용함으로써 속도 외란에 강인한 위치 정보를 구할 수 있다.

[0033] 이상으로 본 발명의 기술적 사상을 예시하기 위한 바람직한 실시예와 관련하여 설명하고 도시하였지만, 본 발명은 이와 같이 도시되고 설명된 그대로의 구성 및 작용에만 국한되는 것이 아니며, 기술적 사상의 범주를 일탈함이 없이 본 발명에 대해 다수의 변경 및 수정이 가능함을 당업자들은 잘 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 그러한 모든 적절한 변경 및 수정과 균등물들도 본 발명의 범위에 속하는 것으로 간주되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1 은 본 발명에 따른 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기(100)가 포함된 전동기 구동기에 관한 구성도.

[0035] 도 2는 본 발명의 특징적인 일양상에 따른 영구자석형 동기전동기의 속도/위치 관측기에 관한 구성도.

[0036] 도 3 은 본 발명에 따른 역기전력 관측기의 가변 리미터에 관한 구성도.

[0037] 도 4 는 본 발명에 따른 위치 추적부에 관한 구성도.

[0038] ** 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 **

[0039] 110: 역기전력 관측부 120: 위치 추적부

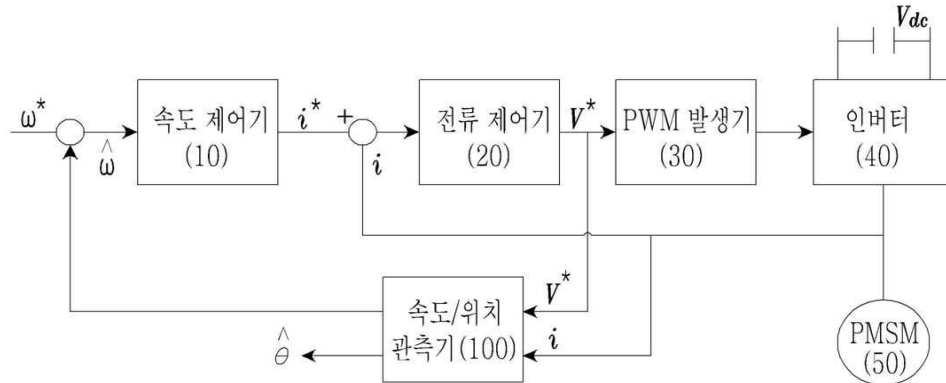
[0040] 111: PMSM 모델 112: 전류 비교기

[0041] 113: 가변 리미터 114: 저역통과필터

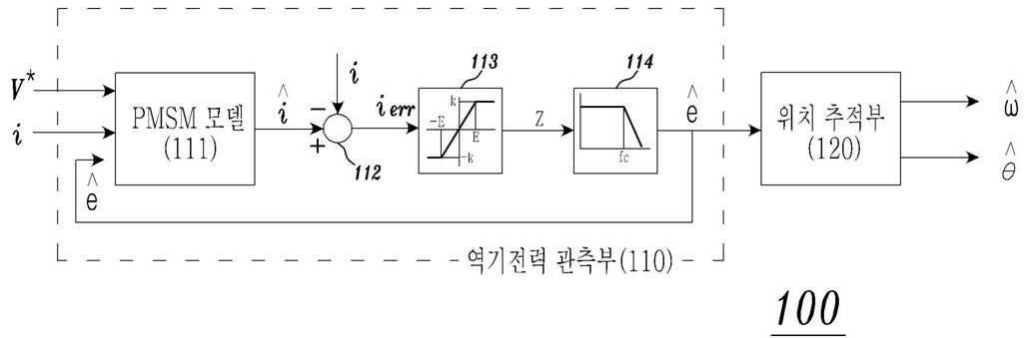
[0042] 121: PI 제어기 122: 적분기

도면

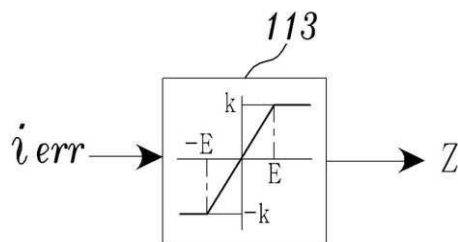
도면1



도면2



도면3



도면4

