



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0000363  
(43) 공개일자 2015년01월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02P 6/06 (2006.01) H02P 6/08 (2006.01)  
H02P 7/00 (2006.01) H02P 23/14 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2013-0072715  
(22) 출원일자 2013년06월24일  
심사청구일자 없음

(71) 출원인  
삼성전자주식회사  
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)  
성균관대학교산학협력단  
경기도 수원시 장안구 서부로 2066, 성균관대학교  
내 (천천동)

(72) 발명자  
김현배  
경기 용인시 수지구 신봉2로 26, 111동 1403호 (신봉동, LG신봉자이1차아파트)  
이정효  
경기 수원시 장안구 서부로 2066, 정보통신공학대학 24207호 전력전자연구실 (천천동, 성균관대학교자연과학캠퍼스)  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인  
리엔목특허법인

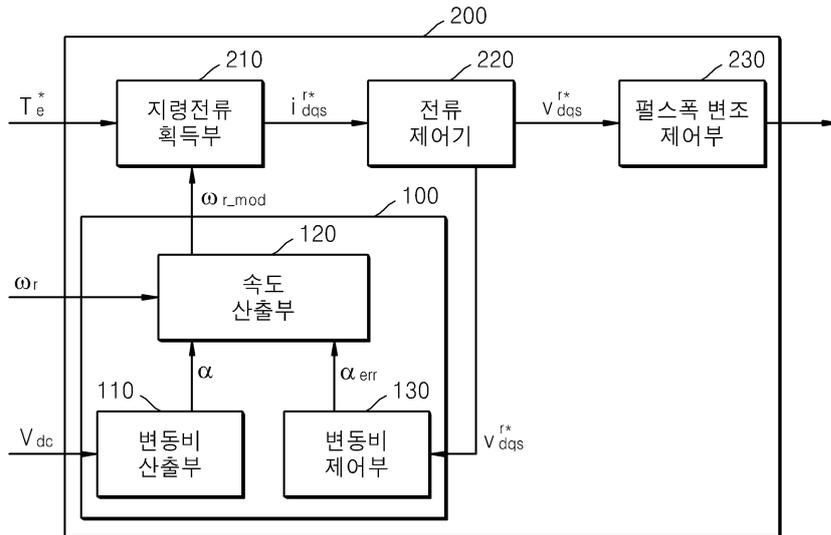
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 영구자석 동기 전동기의 토크를 제어하는 방법 및 제어 장치.

(57) 요약

속도-토크 특업 테이블을 이용하여 영구자석 동기 전동기의 토크를 제어하는 방법에 따르면, 영구자석 동기 전동기를 구동하는 인버터의 현재의 직류링크전압 및 영구자석 동기 전동기의 회전자의 속도를 입력 받고, 현재의 직류링크전압 및 속도-토크 특업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압에 기초하여 직류링크전압의 변동비를 산출하고, 회전자의 속도 및 직류링크전압의 변동비를 이용하여 직류링크전압의 변동에 따라 정규화된 회전자의 속도를 산출하고, 정규화된 회전자의 속도를 속도-토크 특업 테이블의 입력으로 전달한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**백제훈**

서울 서초구 서초중앙로24길 33, 101동 1102호 (서초동, 서초교대e편한세상)

**한규범**

경기 화성시 동탄반석로 42, 608동 1601호 (반송동, 한화우림아파트)

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

속도-토크 룩업 테이블(speed-torque lookup table)을 이용하여 영구자석 동기 전동기(Permanent Magnet Synchronous Motor)의 토크를 제어하는 방법에 있어서,

상기 영구자석 동기 전동기를 구동하는 인버터의 현재의 직류링크전압(dc-link voltage) 및 상기 영구자석 동기 전동기의 회전자의 속도를 입력 받는 단계;

상기 현재의 직류링크전압 및 상기 속도-토크 룩업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압에 기초하여 직류링크전압의 변동비를 산출하는 단계;

상기 회전자의 속도 및 상기 직류링크전압의 변동비를 이용하여 직류링크전압의 변동에 따라 정규화된(normalized) 회전자의 속도를 산출하는 단계; 및

상기 정규화된 회전자의 속도를 상기 속도-토크 룩업 테이블의 입력으로 전달하는 단계;를 포함하는 방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동에 따라 상기 직류링크전압의 변동비를 조절하는 단계;를 더 포함하고,

상기 정규화된 회전자의 속도를 산출하는 단계는

상기 조절된 직류링크전압의 변동비에 기초하여 상기 정규화된 회전자의 속도를 산출하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 3**

제 2 항에 있어서,

상기 직류링크전압의 변동비를 조절하는 단계는

상기 영구자석 동기 전동기에 인가되는 전류를 제어하는 전류 제어기의 지령전압(command voltage) 및 최대 인버터 출력전압(maximum inverter output voltage)에 기초하여 상기 직류링크전압의 변동비를 조절하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 4**

제 2 항에 있어서,

상기 직류링크전압의 변동비를 조절하는 단계는

상기 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동에 의해 인버터 출력전압의 전압제한원이 상기 영구자석 동기 전동기에 인가되는 전류를 제어하는 전류 제어기의 지령전압의 크기보다 작아질 때, 상기 전압제한원에 기초하여 상기 직류링크전압의 변동비를 조절하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 5**

제 2 항에 있어서,

상기 직류링크전압의 변동비를 조절하는 단계는

상기 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동에 따라 상기 직류링크전압의 변동비를 제한하는 변동비 제어값을 산출하는 단계; 및

상기 변동비 제어값에 기초하여 상기 직류링크전압의 변동비를 조절하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 6**

제 5 항에 있어서,  
 상기 변동비 제어값을 산출하는 단계는  
 상기 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동이 반영된 전류 제어기의 지령전압을 입력받는 단계;  
 상기 지령전압의 크기를 산출하는 단계;  
 상기 현재의 직류링크전압에 기초한 최대 인버터 출력전압을 산출하는 단계; 및  
 상기 최대 인버터 출력전압 및 상기 지령전압의 크기의 오차를 산출하는 단계; 및  
 상기 오차에 기초하여 상기 변동비 제어값을 산출하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서,  
 상기 변동비 제어값을 산출하는 단계는  
 비례 적분 제어기를 이용하여 상기 오차를 보상하도록 상기 변동비 제어값을 산출하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 8**

제 6 항에 있어서,  
 인버터 출력전압의 전압제한원이 전류 제어기의 지령전압의 크기보다 작을 때만 상기 직류링크전압의 변동비를 제한하도록 상기 변동비 제어값을 조절하는 단계;를 더 포함하고,  
 상기 직류링크전압의 변동비를 조절하는 단계는  
 상기 조절된 변동비 제어값에 기초하여 상기 직류링크전압의 변동비를 조절하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 9**

제 6 항에 있어서,  
 상기 최대 인버터 출력전압을 산출하는 단계는  
 인버터 출력전압의 공간 벡터 전압 변조 기법(Space Vector PWM)에 따른 최대선형변조 크기(maximum linear modulation range)에 기초하여 상기 최대 인버터 출력전압을 산출하는 것을 특징으로 하는 방법.

**청구항 10**

제 1 항 내지 제 9 항 중에 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

**청구항 11**

영구자석 동기 전동기의 토크를 제어하는 제어 장치에 있어서,  
 입력된 현재의 직류링크전압(dc-link voltage) 및 속도-토크 룩업 테이블(speed-torque lookup table)이 생성된 때의 직류링크전압에 기초하여 상기 영구자석 동기 전동기의 회전자의 속도를 직류링크전압의 변동에 따라 정규화하여, 정규화된 회전자의 속도를 출력하는 속도 정규화부;  
 상기 속도-토크 룩업 테이블을 이용하여 상기 정규화된 회전자의 속도 및 지령토크에 대응하는 지령전류를 획득하는 지령전류 획득부;  
 상기 지령전류, 상기 영구자석 동기 전동기에서 검출된 전류 및 상기 회전자의 속도에 기초하여 지령전압을 생성하는 전류 제어기; 및  
 상기 지령전압에 기초하여 인버터 출력전압을 제어하는 제어 펄스 신호의 온/오프 듀티비를 결정하는 펄스폭 변

조(PWM, pulse width modulation) 제어부;를 포함하는 제어 장치.

**청구항 12**

제 11 항에 있어서,

상기 속도 정규화부는

상기 현재의 직류링크전압 및 상기 속도-토크 특업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압에 기초하여 직류링크전압의 변동비를 산출하는 변동비 산출부; 및

상기 회전자의 속도 및 상기 직류링크전압의 변동비를 이용하여 상기 정규화된 회전자의 속도를 산출하는 속도 산출부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 제어 장치.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,

상기 속도 정규화부는

상기 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동에 따라 상기 직류링크전압의 변동비를 제한하는 변동비 제어값을 출력하는 변동비 제어부;를 더 포함하고,

상기 속도 산출부는 상기 변동비 제어값에 기초하여 상기 직류링크전압의 변동비를 조절하고, 상기 조절된 직류링크전압의 변동비에 기초하여 상기 정규화된 회전자의 속도를 산출하는 것을 특징으로 하는 제어 장치.

**청구항 14**

제 13 항에 있어서,

상기 변동비 제어부는

상기 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동에 의해 상기 인버터 출력전압의 전압제한원이 상기 전류 제어기의 지령전압의 크기보다 작아질 때만 상기 직류링크전압의 변동비가 제한되도록, 상기 변동비 제어값을 출력하는 것을 특징으로 하는 제어 장치.

**청구항 15**

제 13 항에 있어서,

상기 변동비 제어부는

상기 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동이 반영된 상기 지령전압의 크기를 산출하고, 상기 현재의 직류링크전압에 기초한 최대 인버터 출력전압을 산출하고, 상기 최대 인버터 출력전압과 상기 지령전압의 크기의 오차를 산출하는 연산부;

상기 오차를 보상하는 상기 변동비 제어값을 출력하는 비례 적분 제어기; 및

상기 인버터 출력전압의 전압제한원이 상기 지령전압의 크기보다 작을 때만 상기 변동비 제어값이 상기 직류링크전압의 변동비를 제한하도록 상기 변동비 제어값을 조절하는 리미터(limiter);를 포함하고,

상기 속도 산출부는 상기 조절된 변동비 제어값에 기초하여 상기 직류링크전압의 변동비를 조절하는 것을 특징으로 하는 제어 장치.

**청구항 16**

제 15 항에 있어서,

상기 연산부는 상기 인버터 출력전압의 공간 벡터 전압 변조 기법(Space Vector PWM)에 따른 최대선형변조 크기(maximum linear modulation range)에 기초하여 상기 최대 인버터 출력전압을 산출하는 것을 특징으로 하는 제어 장치.

**청구항 17**

제 11 항에 있어서,

상기 제어 장치는 직류링크전압의 변동 및 파라미터들의 변동이 반영된 상기 정규화된 회전자의 속도를 이용하여 상기 제어 펄스 신호를 생성하고, 상기 제어 펄스 신호를 상기 인버터로 출력하여 상기 영구자석 동기 전동기의 토크를 제어하는 것을 특징으로 하는 제어 장치.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 속도-토크 록업 테이블을 이용하여 영구자석 동기 전동기의 토크를 제어하는 방법 및 제어 장치에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 영구자석 동기 전동기는 높은 효율과 강한 내구성 등의 장점으로 인하여 전자동차, 산업용기기, 가전제품 등의 다양한 분야에 활용되고 있다. 다양한 제어 기법의 발달과 더불어 높은 성능으로 영구자석 동기 전동기의 고속 운전이 가능해졌다. 영구자석 동기 전동기의 구동 중에는 전동기의 속도 변화, 주위 온도의 변화, 인버터의 직류링크전압의 변동 및 전동기의 전압, 전류, 주파수 등의 파라미터 변동으로 인하여 전동기의 제어가 불안정해질 수 있다. 이에 따라, 영구자석 동기 전동기의 구동 중에 전동기의 속도 변화, 주위 온도의 변화, 인버터의 직류링크전압의 변동 또는 전동기의 파라미터의 변동에도 부하에 안정적으로 토크를 전달할 수 있는 영구자석 동기 전동기를 제어하는 방법이 요구된다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0003] 본 발명의 적어도 하나의 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 속도-토크 록업 테이블을 이용하여 영구자석 동기 전동기의 토크를 제어하는 방법 및 제어 장치를 제공하는 데 있다. 또한, 상기 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공하는 데 있다. 속도-토크 록업 테이블을 이용하여 영구자석 동기 전동기의 토크를 제어하는 방법 및 제어 장치가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

**과제의 해결 수단**

[0004] 본 발명의 일 측면에 따른 속도-토크 록업 테이블을 이용하여 영구자석 동기 전동기의 토크를 제어하는 방법은 상기 영구자석 동기 전동기를 구동하는 인버터의 현재의 직류링크전압 및 상기 영구자석 동기 전동기의 회전자의 속도를 입력 받는 단계; 상기 현재의 직류링크전압 및 상기 속도-토크 록업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압에 기초하여 직류링크전압의 변동비를 산출하는 단계; 상기 회전자의 속도 및 상기 직류링크전압의 변동비를 이용하여 직류링크전압의 변동에 따라 정규화된 회전자의 속도를 산출하는 단계; 및 상기 정규화된 회전자의 속도를 상기 속도-토크 록업 테이블의 입력으로 전달하는 단계;를 포함한다.

[0005] 본 발명의 다른 측면에 따라 속도-토크 록업 테이블을 이용하여 영구자석 동기 전동기의 토크를 제어하는 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공한다.

[0006] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 영구자석 동기 전동기의 토크를 제어하는 제어 장치는 입력된 현재의 직류링크전압 및 속도-토크 록업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압에 기초하여 상기 영구자석 동기 전동기의 회전자의 속도를 직류링크전압의 변동에 따라 정규화하여, 정규화된 회전자의 속도를 출력하는 속도 정규화부; 상기 속도-토크 록업 테이블을 이용하여 상기 정규화된 회전자의 속도 및 지령토크에 대응하는 지령전류를 획득하는 지령전류 획득부; 상기 지령전류, 상기 영구자석 동기 전동기에서 검출된 전류 및 상기 회전자의 속도에 기초하여 지령전압을 생성하는 전류 제어기; 및 상기 지령전압에 기초하여 인버터 출력전압을 제어하는 제어 펄스 신호의 온/오프 듀티비를 결정하는 펄스폭 변조 제어부;를 포함한다.

**발명의 효과**

[0007] 상기된 바에 따르면, 속도-토크 록업 테이블을 이용한 영구자석 동기 전동기의 토크 제어에 있어서, 현재의 직류링크전압의 변동에 따라 속도-토크 록업 테이블에 입력되는 속도를 보정하는 간단한 연산만으로 직류링크전압의 변동을 반영하여 정밀한 토크 제어를 수행할 수 있다.

[0008] 또한, 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동을 더 고려하여, 속도-토크 룩업 테이블에 입력되는 속도를 보정함으로써, 영구자석 동기 전동기의 토크 제어의 정밀도를 더욱 향상시킬 수 있다.

[0009] 이에 따라, 직류링크전압의 변동을 반영하기 위하여 자속-토크 룩업 테이블 등을 이용하는 경우와 비교하여도, 동일한 성능을 가지면서도 영구자석 동기 전동기의 제어에 필요한 연산량 및 메모리량을 크게 줄일 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0010] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치를 도시한 블록도이다.

도 2는 도 1에 도시된 속도 정규화부의 일 실시예를 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치를 포함하는 제어 시스템을 도시한 블록도이다.

도 4는 영구자석 동기 전동기의 인버터의 직류링크전압의 변동에 따른 영구자석 동기 전동기의 dq축 전류의 변화를 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 속도-토크 룩업 테이블을 이용하여 영구자석 동기 전동기의 토크를 제어하는 방법을 나타낸 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0011] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다.

[0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치를 도시한 블록도이다. 도 1을 참조하면, 제어 장치(200)는 속도 정규화부(100), 지령전류 획득부(210), 전류 제어기(220) 및 펄스폭 변조 제어부(230)로 구성된다. 속도 정규화부(100)는 변동비 산출부(110) 및 속도 산출부(120)로 구성되며, 변동비 제어부(130)를 더 포함할 수 있다.

[0013] 도 1에 도시된 제어 장치(200)는 본 실시예의 특징이 흐려지는 것을 방지하기 위하여 본 실시예와 관련된 구성요소들만이 도시되어 있다. 따라서, 도 1에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성요소들이 더 포함될 수 있음을 본 실시예와 관련된 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있다.

[0014] 본 실시예에 따른 제어 장치(200)는 적어도 하나 이상의 프로세서(processor)에 해당하거나, 적어도 하나 이상의 프로세서를 포함할 수 있다. 이에 따라, 제어 장치(200)는 마이크로 프로세서나 범용 컴퓨터 시스템과 같은 다른 하드웨어 장치에 포함된 형태로 구동될 수 있다.

[0015] 도 1의 제어 장치(200)는 속도-토크 룩업 테이블(speed-torque lookup table)을 이용하여 영구자석 동기 전동기(PMSM, Permanent Magnet Synchronous Motor)의 토크를 제어한다.

[0016] 영구자석 동기 전동기(미도시)는 영구자석 동기 전동기의 회전자에 위치하는 영구자석을 이용하여 자속(magnetic flux)을 발생시키고, 발생된 자속을 이용하여 고정자에 전류를 흘림으로써 회전한다. 본 실시예에 따른 영구자석 동기 전동기는 매입형 영구자석 동기 전동기(IPMSM, Interior Permanent Magnet Synchronous Motor)가 될 수 있으나, 이에 한정하지 않는다.

[0017] 제어 장치(200)는 입력된 지령토크(command torque)에 따라 영구자석 동기 전동기를 구동하는 인버터(미도시)에 제어 펄스 신호를 출력하고, 인버터는 제어 펄스 신호에 따라 생성된 인버터 출력전압을 영구자석 동기 전동기에 공급한다. 지령토크는 영구자석 동기 전동기의 구동을 제어하기 위해 사용자에게 의해서 입력된 값 또는 제어 장치(200)에 의해 미리 설정된 값이 될 수 있다.

[0018] 제어 장치(200)는 영구자석 동기 전동기의 정밀한 토크 제어를 수행하기 위해서, 입력된 지령토크뿐 아니라, 영구자석 동기 전동기에서 검출된 전류, 회전자의 속도 및 인버터의 직류링크전압(dc-link voltage)에 기초하여 인버터를 제어하는 제어 펄스 신호를 생성한다.

[0019] 속도-토크 룩업 테이블은 영구자석 전동기의 회전자의 속도 및 지령토크의 토크값에 대응되는 지령전류값을 저장한다. 속도-토크 룩업 테이블은 연산을 수행하여 획득된 지령전류값들 또는 실험적으로 획득된 지령전류값들을 저장할 수 있다. 이에 따라, 제어 장치(200)는 속도-토크 룩업 테이블을 참조하여 입력된 회전자의 속도 및 지령토크에 대응되는 지령전류(command current)를 출력한다.

[0020] 속도 정규화부(100)는 영구자석 동기 전동기의 회전자의 속도를 직류링크전압의 변동에 따라 정규화하여, 정규화된(normalized) 회전자의 속도를 출력한다. 이때, 직류링크전압은 고정된 값이 아니라, 영구자석 동기 전동기

의 회전자의 속도에 따라 변동하는 값이다.

- [0021] 그러나, 속도-토크 록업 테이블은 하나의 직류링크전압에 기초하여 생성된 것으로, 회전자의 속도에 따른 직류링크전압의 변동을 반영하고 있지 않다. 이에 따라, 속도 정규화부(100)는 속도-토크 록업 테이블을 이용한 토크 제어에 직류링크전압의 변동을 반영하기 위하여 직류링크전압의 변동에 따라 회전자의 속도를 정규화하여, 정규화된 회전자의 속도를 속도-토크 록업 테이블의 입력으로 전달한다.
- [0022] 이때, 회전자의 속도를 정규화하는 것은 회전자의 속도를 직류링크전압의 변동에 따라 적절한 값으로 조절하는 것을 나타낸다. 즉, 직류링크전압의 변동에 따라 조절된 회전자의 속도를 속도-토크 록업 테이블에 적용함으로써, 직류링크전압의 변동을 고려하여 영구자석 동기 전동기의 토크 제어를 수행할 수 있다.
- [0023] 속도 정규화부(100)는 현재의 직류링크전압 및 속도-토크 록업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압에 기초하여 회전자의 속도를 직류링크전압의 변동에 따라 정규화한다. 예를 들면, 속도 정규화부(100)는 현재의 직류링크전압 및 속도-토크 록업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압에 기초하여 직류링크전압의 변동비를 산출하고, 산출된 직류링크전압의 변동비를 이용하여 회전자의 속도를 정규화할 수 있다.
- [0024] 일 실시예에 따르면, 속도 정규화부(100)는 변동비 산출부(110)와 속도 산출부(120)로 구성된다. 변동비 산출부(110)는 현재의 직류링크전압 및 속도-토크 록업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압에 기초하여 직류링크전압의 변동비를 산출한다. 속도 산출부(120)는 회전자의 속도 및 산출된 직류링크전압의 변동비를 이용하여 정규화된 회전자의 속도를 산출한다.
- [0025] 다른 실시예에 따르면, 속도 정규화부(100)는 변동비 산출부(110)와 속도 산출부(120) 외에, 파라미터들의 변동을 더 고려하여 정규화된 회전자의 속도를 산출하는 변동비 제어부(130)를 더 포함할 수 있다. 영구자석 동기 전동기의 파라미터들은 영구자석 동기 전동기의 인덕턴스들과 영구자석의 쇄교 자속 등을 나타낸다.
- [0026] 본 실시예에 따르면, 변동비 제어부(130)는 영구자석 동기 전동기의 파라미터의 변동에 따라 직류링크전압의 변동비를 제한하는 변동비 제어값을 출력한다. 속도 산출부(120)는 변동비 제어값에 기초하여 직류링크전압의 변동비를 조절하고, 조절된 직류링크전압의 변동비에 기초하여 정규화된 회전자의 속도를 산출한다.
- [0027] 이에 따르면, 직류링크전압의 변동 및 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동을 고려하여 속도-토크 록업 테이블을 이용한 영구자석 동기 전동기의 토크 제어를 수행함으로써, 토크 제어의 정밀도를 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0028] 지령전류 획득부(210)는 속도-토크 록업 테이블을 이용하여 입력된 지령토크 및 속도 정규화부(100)에서 획득된 정규화된 회전자의 속도에 대응하는 지령전류를 획득한다. 이때, 록업 테이블(LUT, Lookup Table)은 입력값에 대응되는 결과값을 배열 또는 연관 배열로 구성된 데이터 구조를 나타낸다. 록업 테이블은 연산을 수행하여 획득된 값들 또는 실험적으로 획득된 데이터를 결과값들로 가질 수 있다.
- [0029] 속도-토크 록업 테이블은 영구자석 전동기의 회전자의 속도 및 지령토크의 토크 값에 대하여 연산을 수행하여 획득된 지령전류값들 또는 실험적으로 획득된 지령전류값들을 저장할 수 있다. 이에 따라, 지령전류 획득부(210)는 속도-토크 록업 테이블을 참조하여 지령전류 획득부(210)에 입력된 정규화된 회전자의 속도 및 입력된 지령토크에 대응되는 지령전류를 출력한다.
- [0030] 전류 제어기(220)는 지령전류 획득부(210)로부터 수신된 지령전류, 영구자석 동기 전동기에서 검출된 전류 및 회전자의 속도에 기초하여 지령전압(command voltage)을 생성한다. 이때, 지령전압은 제어 장치(200)가 목표로 하는 영구자석 동기 전동기의 전압으로, 인버터에서 출력될 출력 전압에 대응된다. 전류 제어기(220)는 영구자석 동기 전동기에 원하는 전류가 흐르도록 제어하는 것으로, 지령전류와 영구자석 동기 전동기에서 검출된 전류의 오차를 보상하고, 실제 영구자석 동기 전동기에 흐르는 전류와 지령전류 사이의 오차가 보상된 지령전압을 생성한다. 전류 제어기(220)는 생성된 지령전압을 펄스폭 변조 제어부(230)로 출력한다.
- [0031] 펄스폭 변조 제어부(230)는 지령전압에 기초하여 인버터 출력전압을 제어하는 제어 펄스 신호의 온/오프 듀티비를 결정한다. 펄스폭 변조 제어부(230)는 인버터가 지령전류와 영구자석 동기 전동기에 실제로 흐르는 전류의 오차를 보상하는 지령전압에 따라 인버터 출력전압을 생성하도록 인버터의 스위칭 소자(switching device)를 제어하는 제어 펄스 신호를 생성한다. 제어 펄스 신호는 게이팅(gating) 신호라고도 한다. 일 실시예에 따라, 펄스폭 변조 제어부(230)는 전압의 변조 기법에 따른 여러 가지 펄스폭 변조 제어 방식 중 공간 벡터 전압 변조 기법을 이용할 수 있다.
- [0032] 펄스폭 변조 제어부(230)는 지령전압에 기초하여 결정된 온/오프 듀티비를 갖는 제어 펄스 신호를 인버터로 출

력한다. 인버터 내부의 스위칭 소자들이 결정된 온/오프 듀티비에 따라 스위칭됨으로써, 인버터는 제어 펄스 신호에 따라 생성된 인버터 출력전압을 영구자석 동기 전동기로 공급한다.

[0033] 도 2는 도 1에 도시된 속도 정규화부의 일 실시예를 도시한 도면이다. 도 2를 참조하면, 속도 정규화부(100)는 변동비 산출부(110), 속도 산출부(120) 및 변동비 제어부(130)로 구성된다. 변동비 제어부(130)는 연산부(132), 비례 적분 제어기(134) 및 리미터(limiter, 136)으로 구성될 수 있다.

[0034] 도 2에 도시된 속도 정규화부(100)는 도 2에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성요소들이 더 포함될 수 있다. 도 1에서 속도 정규화부(100)와 관련하여 기재된 내용은 도 2에 도시된 속도 정규화부(100)에도 적용이 가능하므로, 이와 관련하여 중복된 설명은 생략한다.

[0035] 본 실시예에 따른 속도 정규화부(100)는 적어도 하나 이상의 프로세서(processor)에 해당하거나, 적어도 하나 이상의 프로세서를 포함할 수 있다. 이에 따라, 속도 정규화부(100)는 제어 장치, 범용 컴퓨터 시스템과 같은 다른 하드웨어 장치에 포함된 형태로 구동될 수 있다.

[0036] 속도 정규화부(100)는 입력된 현재의 직류링크전압  $V_{dc}$  및 속도-토크 특업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압  $V_{dc}^{norm}$  에 기초하여 영구자석 동기 전동기의 회전자의 속도  $\omega_r$  를 직류링크전압의 변동에 따라 정규화하여, 정규화된 회전자의 속도  $\omega_{r\_mod}$  를 출력한다.

[0037] 변동비 산출부(110)는 현재의 직류링크전압  $V_{dc}$  및 속도-토크 특업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압  $V_{dc}^{norm}$  에 기초하여 직류링크전압의 변동비  $\alpha$  를 산출한다. 이때, 직류링크전압의 변동비  $\alpha$  은 아래 수학적 식 1과 같이 산출될 수 있다.

**수학적 식 1**

$$\alpha = \frac{V_{dc}}{V_{dc}^{norm}}$$

[0038]

[0039] 수학적 식 1에서,  $V_{dc}$  는 현재의 직류링크전압을 나타내고,  $V_{dc}^{norm}$  은 속도-토크 특업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압을 나타낸다. 즉, 직류링크전압의 변동비  $\alpha$  는 현재의 직류링크전압  $V_{dc}$  를 속도-토크 특업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압  $V_{dc}^{norm}$  으로 나눈 값으로 표현될 수 있다.

[0040] 변동비 제어부(130)는 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동에 따라 직류링크전압의 변동비  $\alpha$  를 제한하는 변동비 제어값  $\alpha_{err}$  을 출력한다. 변동비 제어부(130)는 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동에 의해 인버터 출력전압의 전압제한원이 전류 제어기(220)의 지령전압  $V_{dqs}^{r*}$  의 크기보다 작아질 때만 직류링크전압의 변동비  $\alpha$  가 제한되도록, 변동비 제어값  $\alpha_{err}$  을 출력할 수 있다.

[0041] 일 실시예에 따라, 변동비 제어부(130)는 연산부(132), 비례 적분 제어기(134) 및 리미터(limiter, 136)으로 구

성될 수 있다.

[0042] 연산부(132)는 최대 인버터 출력전압(maximum inverter output voltage)  $V_{s,max}$ 과 지령전압  $v_{dqs}^{r*}$ 의 크기의 오차를 산출한다.

[0043] 이때, 지령전압의 크기  $|v_{dqs}^{r*}|$ 는 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동이 반영된 값으로, 연산부(132)는 아래 수학적 식 2를 이용하여 지령전압의 크기  $|v_{dqs}^{r*}|$ 를 산출할 수 있다.

**수학적 식 2**

[0044] 
$$|v_{dqs}^{r*}| = \sqrt{v_{ds}^{r*2} + v_{qs}^{r*2}}$$

[0045] 이때,  $|v_{dqs}^{r*}|$ 는 지령전압  $v_{dqs}^{r*}$ 의 크기를 나타내고,  $v_{ds}^{r*}$ 는 d축 지령전압을,  $v_{qs}^{r*}$ 는 q축 지령전압을 나타낸다.

[0046] 또한, 연산부(132)는 현재의 직류링크전압  $V_{dc}$ 에 기초한 최대 인버터 출력전압  $V_{s,max}$ 을 산출할 수 있다. 예를 들면, 최대 인버터 출력전압  $V_{s,max}$ 은 인버터 출력전압의 공간 벡터 전압 변조 기법(Space Vector PWM)에 따른 최대선형변조 크기(maximum linear modulation range)가 될 수 있다. 공간 벡터 전압 변조 기법에 따른 최대선형변조 크기는 아래 수학적 식 3과 같이 산출될 수 있다.

**수학적 식 3**

[0047] 
$$V_{s,max} = \frac{V_{dc}}{\sqrt{3}}$$

[0048] 수학적 식 3에서,  $V_{s,max}$ 는 공간 벡터 전압 변조 기법에 따른 최대선형변조 크기를 나타내고, 공간 벡터 전압 변조 기법에 따른 최대선형변조 크기는 현재의 직류링크전압  $V_{dc}$ 을  $\sqrt{3}$ 으로 나눈 값으로 획득될 수 있다.

[0049] 다만, 최대 인버터 출력전압  $V_{s,max}$ 은 공간 벡터 전압 변조 기법에 따른 최대선형변조 크기로 한정되지 않는다. 최대 인버터 출력전압  $V_{s,max}$ 은 공간 벡터 전압 변조 기법에 따른 최대선형변조 크기 이외에 회전자 위치를 따른 인버터가 생성 가능한 최대 출력전압을 나타낼 수 있으며, 수학적 식 3 이외에 다양한 방법으로 획득될 수 있다.

[0050] 비례 적분 제어기(PI controller, Proportional-Integral controller, 134)는 최대 인버터 출력전압  $V_{s,max}$

과 지령전압  $V_{dqs}^{r*}$ 의 크기의 오차를 보상하는 변동비 제어값  $\alpha_{err}$ 을 출력한다.

[0051]

이때, 비례 적분 제어기(134)는 피드백 제어기의 형태로, 비례항(proportional term)과 적분항(integral term)을 이용하여 제어하고자 하는 대상값과 기준이 되는 참조값의 오차를 이용하여 제어에 필요한 제어값을 산출한다. 즉, 지령전압  $V_{dqs}^{r*}$ 의 크기가 제어하고자 하는 대상값이 되고, 최대 인버터 출력전압  $V_{s,max}$ 이 기준이 되는 참조값이 된다. 비례 적분 제어기(134)는 최대 인버터 출력전압  $V_{s,max}$ 과 지령전압  $V_{dqs}^{r*}$ 의 크기에 기초하여 오차가 0이 되도록 변동비 제어값  $\alpha_{err}$ 을 출력한다.

[0052]

리미터(136)는 인버터 출력전압의 전압제한원이 지령전압의 크기보다 작아질 때만 변동비 제어값  $\alpha_{err}$ 이 상기 직류링크전압의 변동비를 제한하도록 변동비 제어값  $\alpha_{err}$ 을 조절한다.

[0053]

현재 직류링크전압  $V_{dc}$ 에 따른 인버터 출력전압의 전압제한원이 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동에 의해 지령전압의 크기보다 작아질 때만, 변동비 제어부(130)는 변동비 제어값  $\alpha_{err}$ 을 출력하여, 직류링크전압 변동비  $\alpha$ 를 적절한 값으로 감소시킨다. 이때, 영구자석 동기 전동기의 파라미터들은 영구자석 동기 전동기의 인덕턴스들과 영구자석의 쇠교 자속을 나타낸다.

[0054]

최대 인버터 출력전압  $V_{s,max}$ 과 지령전압  $V_{dqs}^{r*}$ 의 크기의 오차가 음수가 될 때, 인버터 출력전압의 전압제한원이 지령전압의 크기보다 작아진다. 즉, 리미터(136)는 최대 인버터 출력전압  $V_{s,max}$ 과 지령전압  $V_{dqs}^{r*}$ 의 크기의 오차가 음수가 될 때만 변동비 제어값  $\alpha_{err}$ 을 출력하고, 최대 인버터 출력전압  $V_{s,max}$ 과 지령전압  $V_{dqs}^{r*}$ 의 크기의 오차가 양수일 때는 변동비 제어값  $\alpha_{err}$ 이 아닌 0을 출력한다.

[0055]

또한, 리미터(136)는 최대 인버터 출력전압  $V_{s,max}$ 과 지령전압  $V_{dqs}^{r*}$ 의 크기의 오차가 음수일 때, 변동비 제어값  $\alpha_{err}$ 의 한계값을 설정하여, 비례 적분 제어기(134)의 이상에 의해 변동비 제어값  $\alpha_{err}$ 이 소정의 값 이상으로 출력되는 것을 막는다.

[0056]

속도 산출부(120)는 변동비 제어값  $\alpha_{err}$ 에 기초하여 직류링크전압의 변동비  $\alpha$ 를 조절하고, 조절된 직류링크전압의 변동비  $\alpha'$ 에 기초하여 회전자의 속도  $\omega_r$ 를 정규화한다. 이때, 조절된 직류링크전압의 변동비  $\alpha'$ 는 아래 수학적 식 4와 같이 산출될 수 있다.

수학식 4

$$\alpha' = \alpha + \alpha_{err}$$

[0057]

[0058]

수학식 4에서, 조절된 직류링크전압의 변동비  $\alpha'$  는 직류링크전압의 변동비  $\alpha$  에 변동비 제어값  $\alpha_{err}$  을 더하여 산출될 수 있다. 이때, 변동비 제어값  $\alpha_{err}$  은 음수이고, 직류링크전압의 변동비  $\alpha$  는 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동에 의해 변동비 제어값  $\alpha_{err}$  만큼 감소된다.

[0059]

속도 산출부(120)는 회전자의 속도  $\omega_r$  를 정규화하고, 정규화된 회전자의 속도  $\omega_{r\_mod}$  를 속도-토크 특업 테이블의 입력으로 전달한다. 이때, 속도 산출부(120)는 아래 수학식 5을 이용하여 정규화된 회전자의 속도  $\omega_{r\_mod}$  를 산출할 수 있다.

수학식 5

$$\omega_{r\_mod} = \frac{\omega_r}{\alpha'}$$

[0060]

[0061]

수학식 5에서, 정규화된 회전자의 속도  $\omega_{r\_mod}$  는 회전자의 속도  $\omega_r$  를 조절된 직류링크전압의 변동비  $\alpha'$  로 나눈 값을 나타낸다.

[0062]

속도 정규화부(100)는 산출된 정규화된 회전자의 속도  $\omega_{r\_mod}$  를 속도-토크 특업 테이블의 입력으로 전달함으로써, 제어 장치(200)는 직류링크전압의 변동 및 파라미터들의 변동이 반영하여 제어 펄스 신호를 생성하고, 제어 펄스 신호를 인버터로 출력하여 영구자석 동기 전동기의 토크를 제어한다.

[0063]

이에 따라, 제어 장치(200)는 속도-토크 특업 테이블을 이용한 영구자석 동기 전동기의 토크 제어에 있어서, 현재의 직류링크전압의 변동에 따라 속도-토크 특업 테이블에 입력되는 속도를 보정하는 간단한 연산만으로 직류링크전압의 변동을 반영하여 정밀한 토크 제어를 수행할 수 있다.

[0064]

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 장치를 포함하는 제어 시스템을 도시한 블록도이다. 도 3에 도시된 제어 시스템은 제어 장치(200), 인버터(300), 전류 검출기(320), 영구자석 동기 전동기(340), 위치 센서(360)로 구성된다. 또한, 제어 장치(200)는 속도 정규화부(100), 지령전류 획득부(210), 전류 제어기(220), 펄스폭 변조 제어부(230), 좌표 변환부(240) 및 속도 산출부(250)로 구성된다.

[0065]

도 3에 도시된 제어 시스템은 본 실시예의 특징이 흐려지는 것을 방지하기 위하여 본 실시예와 관련된 구성요소들만이 도시되어 있다. 따라서, 도 3에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성요소들이 더 포함될 수 있음을 본 실시예와 관련된 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있다.

[0066]

도 1 내지 2에서 제어 장치(200) 및 속도 정규화부(100)와 관련하여 기재된 내용은 도 3에 도시된 제어 장치(200) 및 속도 정규화부(100)에도 적용이 가능하므로, 이와 관련하여 중복된 설명은 생략한다.

[0067]

제어 장치(200)는 제어 장치(200)는 입력된 지령토크에 따라 영구자석 동기 전동기(340)를 구동하는 인버터(300)에 제어 펄스 신호를 출력하여, 영구자석 동기 전동기(340)의 토크를 제어한다.

[0068] 이때, 영구자석 동기 전동기(340)의 토크 제어는 벡터 제어(vector control) 기법을 통해서 이루어질 수 있다. 이에 따라, 영구자석 동기 전동기(340)의 a, b, c상(phase)으로 표시되는 3상 변수들은 직교 좌표계인 dq축 모델로 변환되어 표시될 수 있다.

[0069] 본 실시예에 따른 제어 장치(200)는 영구자석 동기 전동기(340)의 정밀한 토크 제어를 수행하기 위해서, 입력된 지령토크뿐 아니라, 영구자석 동기 전동기(340)에서 검출된 전류, 회전자의 속도, 인버터의 직류링크전압 변동 및 영구자석 동기 전동기(340)의 파라미터들의 변동에 기초하여 인버터(300)를 제어하는 제어 펄스 신호를 생성한다.

[0070] 본 실시예에 따른 제어 장치(200)는 속도 정규화부(100), 지령전류 획득부(210), 전류 제어기(220), 펄스폭 변조 제어부(230), 좌표 변환부(240) 및 속도 산출부(250)로 구성된다.

[0071] 속도 정규화부(100)는 입력된 현재의 직류링크전압  $V_{dc}$  및 속도-토크 특업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압  $V_{dc}^{norm}$  에 기초하여 영구자석 동기 전동기(340)의 회전자의 속도  $\omega_r$  를 직류링크전압의 변동 및 영구자석 동기 전동기(340)의 파라미터들의 변동에 따라 정규화하여, 정규화된 회전자의 속도  $\omega_{r-mod}$  를 지령전류 획득부(210)로 출력한다.

[0072] 지령전류 획득부(210)는 속도-토크 특업 테이블을 이용하여 정규화된 회전자의 속도  $\omega_{r-mod}$  및 입력된 지령 토크  $T_e^*$  에 대응하는 지령전류  $i_{dqs}^{r*}$  를 획득한다. 지령전류 획득부(210)는 획득한 지령전류  $i_{dqs}^{r*}$  를 전류 제어기(220)로 출력한다.

[0073] 전류 제어기(220)는 지령전류  $i_{dqs}^{r*}$ , 영구자석 동기 전동기(340)에서 검출된 전류  $i_{dqs}^r$  및 회전자의 속도  $\omega_r$  에 기초하여 지령전압  $v_{dqs}^{r*}$  을 생성한다. 전류 제어기(220)는 영구자석 동기 전동기(340)에 원하는 전류가 흐르도록 제어하는 것으로, 지령전류  $i_{dqs}^{r*}$  와 영구자석 동기 전동기(340)에서 검출된 전류  $i_{dqs}^r$  의 오차를 보상한다. 전류 제어기(220)는 생성된 지령전압  $v_{dqs}^{r*}$  을 펄스폭 변조 제어부(230)로 출력한다.

[0074] 펄스폭 변조 제어부(230)는 지령전압  $v_{dqs}^{r*}$  에 기초하여 인버터 출력전압을 제어하는 제어 펄스 신호의 온/오프 듀티비를 결정한다. 펄스폭 변조 제어부(230)는 결정된 온/오프 듀티비에 기초하여 인버터(300)의 스위칭 소자 (switching device)를 제어하는 제어 펄스 신호를 생성한다. 펄스폭 변조 제어부(230)는 생성된 제어 펄스 신호를 인버터(300)로 출력한다. 이에 따라, 인버터(300)는 수신된 제어 펄스 신호에 기초하여 전압 지령  $v_{dqs}^{r*}$  에 따른 인버터 출력전압을 생성할 수 있다.

[0075] 좌표 변환부(240)는 전류 검출기(230)에서 검출된 3상 전류  $i_{as}$ ,  $i_{bs}$ ,  $i_{cs}$  를 좌표 변환하여 dq축 모델로 표시하고, dq축 모델로 좌표 변환된 회전 좌표계 전류  $i_{dqs}^r$  를 전류 제어기(220)로 출력한다.

- [0076] 속도 산출부(250)는 입력된 회전자의 위치  $\theta_r$  에 기초하여 회전자의 속도  $\omega_r$  를 추정한다.
- [0077] 인버터(300)는 제어 장치(200)로부터 인가된 제어 펄스 신호의 온/오프 듀티비에 따라 입력전원을 변환하여, 영구자석 동기 전동기(340)에 인가되는 출력전압을 생성한다. 이때, 인버터(300)는 전압소스 인버터(VSI, Voltage Source Inverter) 또는 전류소스 인버터(CSI, Current Source Inverter)일 수 있다. 이하에서는 설명의 편의상, 인버터(300)는 전압소스 인버터로 보고 설명한다.
- [0078] 본 실시예에 따른 인버터(300)는 PWM(Pulse Width Modulation) 인버터로, 펄스폭 변조 방식에 의해 구동될 수 있다. 이에 따르면, 제어 펄스 신호의 온/오프 듀티비를 이용하여 인버터(300)로부터 출력되는 출력전압의 크기와 주파수가 제어된다. 예를 들면, 제어 장치(200)는 인버터(300)의 스위칭 소자를 온/오프하는 제어 펄스 신호의 온/오프 듀티비를 조절함으로써 인버터(300)가 출력하는 출력전압을 제어한다. 이때, 제어 펄스 신호는 게이팅(gating) 신호라고도 한다. 제어 장치(200)는 전압의 변조 기법에 따른 몇 가지 펄스폭 변조 기법 중에서 공간 벡터 전압 변조 방식(Space Vector PWM)을 이용할 수 있다.
- [0079] 인버터(300)의 출력전압은 3상 전압으로, 영구자석 동기 전동기(340)는 3상 전압에 의해 구동된다. 영구자석 동기 전동기(340)의 구동의 제어는 벡터 제어(vector control) 기법을 통해서 이루어진다. 이에 따라, 영구자석 동기 전동기(340)의 a, b, c상(phase)으로 표시되는 3상 변수들은 직교 좌표계인 dq축 모델로 변환되어 표시될 수 있다.
- [0080] 전류 검출기(320)는 구동 중인 영구자석 동기 전동기(340)의 전류를 검출하여 검출된 전류를 제어 장치(200)로 출력한다. 전류 검출기(320)는 구동 중인 영구자석 동기 전동기(340)의 3상 전류  $i_{as}$ ,  $i_{bs}$ ,  $i_{cs}$  를 검출한다. 예를 들면, 전류 검출기(320)는 션트(shunt) 저항 또는 계기용 변류기(Current Transformer) 등으로 구현될 수 있다. 전류 검출기(320)를 통해서 검출된 전류는 3상 변수에 해당하므로, 직교 좌표계인 dq축 모델로 좌표변환하기 위하여 제어 장치(200)의 좌표 변환부(240)로 출력된다.
- [0081] 영구자석 동기 전동기(340)는 회전자에 영구자석을 이용하여 자속을 발생하고, 발생된 자속을 이용하여 고정자에 전류를 흘림으로써 회전하여, 부하를 구동하는 토크를 발생한다. 본 실시예에 따른 영구자석 동기 전동기(340)는 매입형 영구자석 동기 전동기(IPMSM, Interior Permanent Magnet Synchronous Motor)가 될 수 있으나, 이에 한정하지 않는다. 이하 설명의 편의상, 본 실시예에 따른 영구자석 동기 전동기(340)는 매입형 영구자석 동기 전동기라 한다.
- [0082] 영구자석 동기 전동기(340)는 인버터(300)로부터 출력된 출력전압에 따라 구동된다. 즉, 영구자석 동기 전동기(340)는 인버터(300)를 통하여 구동 중인 영구자석 동기 전동기(340)에서 검출되는 전류, 회전자의 속도와 위치 및 영구자석 동기 전동기(340)의 구동을 제어하기 위해 입력된 지령토크에 기초하여 구동이 제어된다.
- [0083] 위치 센서(360)는 영구자석 동기 전동기(340)의 회전자의 위치  $\theta_r$  를 검출한다. 예를 들면, 위치 센서(360)는 엔코더(Encoder), 레졸버(Resolver), 홀 센서 등이 될 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 위치 센서(360)는 검출된 회전자의 위치  $\theta_r$  를 속도 산출부(250)로 출력한다.
- [0084] 도 4는 영구자석 동기 전동기의 인버터의 직류링크전압의 변동에 따른 영구자석 동기 전동기의 dq축 전류의 변화를 나타낸 그래프이다. 도 4의 그래프에서 가로축은 영구자석 동기 전동기의 d축 전류를 나타내고, 세로축은 영구자석 동기 전동기의 q축 전류를 나타낸다.
- [0085] 도 4의 그래프는 직류링크전압의 변동에 따른 인버터 출력전압의 전압제한원의 변동, 영구자석 동기 전동기의 회전자의 속도의 변동 및 영구자석 동기 전동기의 dq축 전류의 변동을 나타낸다. 도 4에서,  $V_{dc}^{norm}$  은 속도-토크 록업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압을 나타내고,  $V_{dc}$  는 현재의 직류링크전압을 나타낸다.
- [0086] 현재의 직류링크전압  $V_{dc}$  가 속도-토크 록업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압  $V_{dc}^{norm}$  보다 커지면, 인버터

출력전압의 전압제한원의 궤적이 410에서 420으로 변경된다. 이때, 영구자석 동기 전동기의 dq축 전류는 직류링크전압의 상승에 따라, 일정 토크  $T_e^*$  를 유지하면서 변동하여야 하므로, dq축 전류는 일정한 토크의 궤적 430을 따라,  $\Delta i_{dqs}^r$  의 방향과 크기를 유지하면서 화살표 450과 같이 변동한다.

[0087] 따라서, 속도-토크 록업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압  $V_{dc}^{norm}$  에서 현재의 직류링크전압  $V_{dc}$  로의 직류링크전압의 변동을 고려하여 영구자석 동기 전동기(340)의 회전자의 속도  $\omega_r$  를 정규화하여, 정규화된 속도  $\omega_{r-mod1}$  를 속도-토크 록업 테이블의 입력으로 이용하면, 위에서 설명한 바와 같이 직류링크전압의 변동을 영구자석 동기 전동기의 토크 제어에 반영할 수 있다.

[0088] 또한, 영구자석 동기 전동기(340)의 파라미터들의 변동에 따라, 제어 장치(200)는 변동비 제어부(130)를 통해서 적절한 변동비 제어값을 산출하고, 산출된 변동비 제어값에 기초하여 도 4의 440과 같이 직류링크전압의 변동비를 조절한다. 제어 장치(200)는 조절된 직류링크전압의 변동비에 기초하여 정규화된 회전자의 속도  $\omega_{r-mod2}$  를 산출하여, 산출된 정규화된 속도  $\omega_{r-mod2}$  를 속도-토크 록업 테이블의 입력으로 이용함으로써, 직류링크전압의 변동 및 파라미터들의 변동에 따른 오차를 토크 제어에 반영할 수 있다.

[0089] 본 실시예에 따르면, 직류링크전압의 변동 및 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동을 반영하여 정규화된 회전자의 속도를 속도-토크 록업 테이블의 입력으로 전달함으로써, 속도-토크 록업 테이블을 이용하여 영구자석 동기 전동기의 토크 제어를 수행하는 경우에도, 직류링크전압의 변동 및 영구자석 동기 전동기의 파라미터들의 변동을 고려하여 정밀하게 토크 제어를 수행할 수 있다.

[0090] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 속도-토크 록업 테이블을 이용하여 영구자석 동기 전동기의 토크를 제어하는 방법을 나타낸 흐름도이다.

[0091] 도 5를 참조하면, 도 5에 기재된 방법은 도 1 내지 도 3에 도시된 제어 장치(200) 및 속도 정규화부(100)에서 시계열적으로 처리되는 단계들로 구성된다. 따라서, 하기에 생략된 내용이라 하더라도 도 1 내지 도 3에 도시된 및 속도 정규화부(100)에 관하여 이상에서 기술된 내용은 도 5에 기재된 방법에도 적용됨을 알 수 있다.

[0092] 510단계에서 속도 정규화부(100)는 영구자석 동기 전동기를 구동하는 인버터의 현재의 직류링크전압 및 영구자석 동기 전동기의 회전자의 속도를 입력 받는다.

[0093] 520단계에서 변동비 산출부(110)는 현재의 직류링크전압 및 속도-토크 록업 테이블이 생성된 때의 직류링크전압에 기초하여 직류링크전압의 변동비를 산출한다.

[0094] 530단계에서 속도 산출부(120)는 회전자의 속도 및 직류링크전압의 변동비를 이용하여 직류링크전압의 변동에 따라 정규화된 회전자의 속도를 산출한다.

[0095] 540단계에서 속도 정규화부(100)는 정규화된 회전자의 속도를 속도-토크 록업 테이블의 입력으로 전달한다.

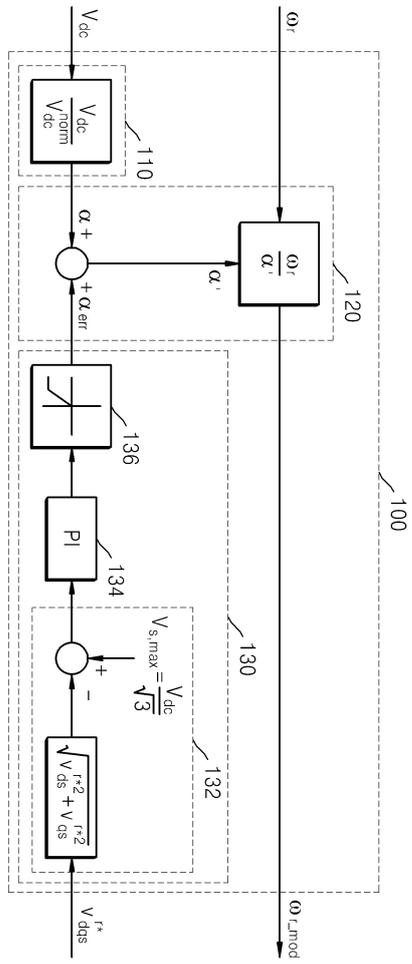
[0096] 이에 따라, 속도-토크 록업 테이블을 이용한 영구자석 동기 전동기의 토크 제어를 수행하는 제어 장치(200)는 현재의 직류링크전압의 변동에 따라 속도-토크 록업 테이블에 입력되는 속도를 보정하는 간단한 연산만으로 직류링크전압의 변동을 반영하여 정밀한 토크 제어를 수행할 수 있다.

[0097] 또한, 직류링크전압의 변동을 반영하기 위하여 자속-토크 록업 테이블 등을 이용하는 경우와 비교하여도, 동일한 성능을 가지면서도 영구자석 동기 전동기의 제어에 필요한 연산량 및 메모리량을 크게 줄일 수 있다.

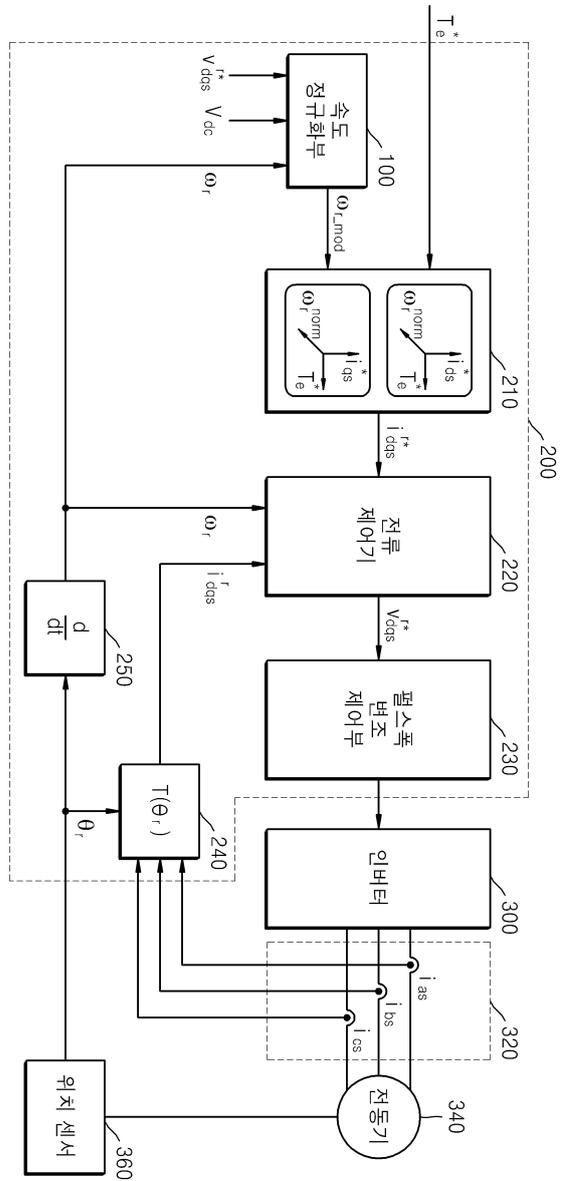
[0098] 한편, 상술한 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성 가능하고, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다. 또한, 상술한 방법에서 사용된 데이터의 구조는 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 여러 수단을 통하여 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드 디스크 등), 광학적 판독 매체



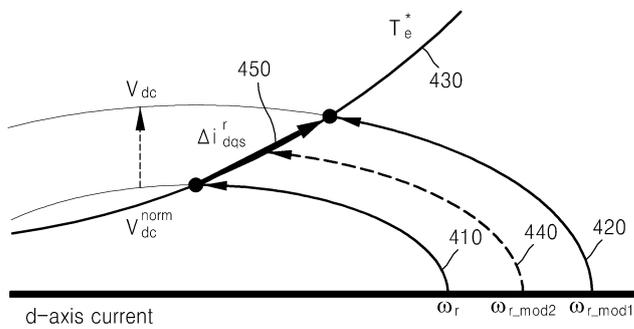
도면2



도면3



도면4



도면5

