



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년09월20일
(11) 등록번호 10-1183065
(24) 등록일자 2012년09월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02P 6/08 (2006.01) H02P 21/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0117304
(22) 출원일자 2010년11월24일
심사청구일자 2010년11월24일
(65) 공개번호 10-2012-0055870
(43) 공개일자 2012년06월01일
(56) 선행기술조사문헌
KR100317828 B1
KR100634588 B1
KR100645809 B1
KR100921115 B1

(73) 특허권자
주식회사 팍테크
경기도 안양시 만안구 안양동 201-10
(72) 발명자
이상석
경기도 안양시 만안구 안양7동 201-10번지
이정효
경기도 수원시 장안구 서부로 2066, 전력전자 연구실 (천천동)
(74) 대리인
이철희

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 송홍석

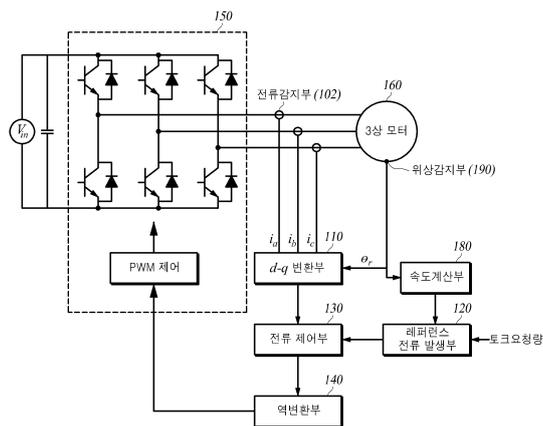
(54) 발명의 명칭 3상모터의 토크를 제어하기 위한 약계자 제어 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명의 실시예는 3상모터의 토크를 제어하기 위한 약계자 제어 방법 및 장치에 관한 것이다.

본 발명의 실시예는 토크 요청량 및 3상모터의 속도를 수신하여 상기 토크 요청량 및 상기 속도에 따른 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호를 발생하되, 상기 토크 요청량 및 상기 속도에 따른 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호가 목표 크기에 도달하는 속도가 각각 서로 다르도록 발생시킴으로써 3상모터의 토크를 제어하기 위한 약계자 제어 방법 및 장치를 제공한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

3상모터의 토크를 제어하기 위한 약계자 제어장치에 있어서,

상기 3상모터에 입력되는 3상 전류의 크기를 d-q 변환하여 d축 전류성분 및 q축 전류성분으로 변환하는 d-q좌표 변환부;

토크 요청량 및 상기 3상모터의 속도를 수신하여 상기 토크 요청량 및 상기 속도에 따른 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호를 발생하되, 상기 토크 요청량 및 상기 속도에 따른 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호가 목표 크기에 도달하는 속도가 각각 서로 다르도록 발생시키는 레퍼런스전류 발생부;

상기 d축 전류성분 및 상기 q축 전류성분이 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호를 추종하도록 d축 제어신호 및 q축 제어신호를 발생하는 전류제어부;

상기 d축 제어신호 및 상기 q축 제어신호를 3상 제어신호로 변환하는 역변환부; 및

상기 3상 제어신호의 제어에 의해 3상 전류를 발생하는 구동전류발생부

를 포함하되,

상기 레퍼런스전류 발생부는, 상기 q축 레퍼런스전류의 크기가 상기 q축 전류성분의 크기보다 큰 경우에, 상기 d축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도는 상기 q축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도보다 빠르도록 발생하는 것을 특징으로 하는 약계자 제어장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 레퍼런스전류 발생부는,

상기 토크 요청량 및 상기 속도에 대한 상기 d축 레퍼런스전류 신호의 크기 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호의 크기를 설정한 전류맵을 참조하여 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호를 발생하는 것을 특징으로 하는 약계자 제어장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 레퍼런스전류 발생부는,

상기 d축 레퍼런스전류 신호는 스텝지령으로 발생하고,

상기 q축 레퍼런스전류 신호는 램프지령으로 발생하는 것을 특징으로 하는 약계자 제어장치.

청구항 5

3상모터의 토크를 제어하기 위한 약계자 제어장치에 있어서,

상기 3상모터에 입력되는 3상 전류의 크기를 d-q 변환하여 d축 전류성분 및 q축 전류성분으로 변환하는 d-q좌표 변환부;

토크 요청량 및 상기 3상모터의 속도를 수신하여 상기 토크 요청량 및 상기 속도에 따른 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호를 발생하되, 상기 토크 요청량 및 상기 속도에 따른 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호가 목표 크기에 도달하는 속도가 각각 서로 다르도록 발생시키는 레퍼런스전류 발생부;

상기 d축 전류성분 및 상기 q축 전류성분이 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호를 추종하도록 d축 제어신호 및 q축 제어신호를 발생하는 전류제어부;

상기 d축 제어신호 및 상기 q축 제어신호를 3상 제어신호로 변환하는 역변환부; 및

상기 3상 제어신호의 제어에 의해 3상 전류를 발생하는 구동전류발생부

를 포함하되,

상기 레퍼런스전류 발생부는, 상기 q축 레퍼런스전류의 크기가 상기 q축 전류성분의 크기보다 작은 경우에, 상기 q축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도는 상기 d축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도보다 빠르도록 발생하는 것을 특징으로 하는 약계자 제어장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 레퍼런스전류 발생부는,

상기 q축 레퍼런스전류 신호는 스텝지령으로 발생하고,

상기 d축 레퍼런스전류 신호는 램프지령으로 발생하는 것을 특징으로 하는 약계자 제어장치.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 토크 요청량 또는 상기 속도가 상기 전류맵 상에 리스트에 없는 경우에는 보간법을 사용하여 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호를 발생하는 것을 특징으로 하는 약계자 제어장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 3상모터에서 발생하는 역기전력의 크기는,

상기 3상모터의 최대 유기전압의 크기 이하로 제한되는 것을 특징으로 하는 약계자 제어장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 3상모터는 IPMSM인 것을 특징으로 하는 약계자 제어장치.

청구항 10

3상모터의 토크를 제어하기 위한 약계자 제어방법에 있어서,

상기 3상모터에 입력되는 3상 전류의 크기를 d-q 변환하여 d축 전류성분 및 q축 전류성분으로 변환하는 d-q좌표 변환단계;

토크 요청량 및 상기 3상모터의 속도를 수신하여 상기 토크 요청량 및 상기 속도에 따른 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호를 발생하되, 상기 토크 요청량 및 상기 속도에 따른 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호가 목표 크기에 도달하는 속도가 각각 서로 다르도록 발생시키는 레퍼런스전류 발생 단계;

상기 d축 전류성분 및 상기 q축 전류성분이 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호를 추종하도록 d축 제어신호 및 q축 제어신호를 발생하는 전류제어단계;

상기 d축 제어신호 및 상기 q축 제어신호를 3상 제어신호로 변환하는 역변환단계; 및

상기 3상 제어신호의 제어에 의해 3상 전류를 발생하는 단계

를 포함하되,

상기 q축 레퍼런스전류의 크기가 상기 q축 전류성분의 크기보다 큰 경우에,

상기 d축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도는 상기 q축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도보다 빠르도록 발생하는 것을 특징으로 하는 약계자 제어방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호는,

상기 토크 요청량 및 상기 속도에 대한 상기 d축 레퍼런스전류 신호의 크기 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호의 크기를 설정한 전류맵을 참조하여 발생하는 것을 특징으로 하는 약계자 제어방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 d축 레퍼런스전류 신호는 스텝지령으로 발생하고,

상기 q축 레퍼런스전류 신호는 램프지령으로 발생하는 것을 특징으로 하는 약계자 제어방법.

청구항 14

3상모터의 토크를 제어하기 위한 약계자 제어방법에 있어서,

상기 3상모터에 입력되는 3상 전류의 크기를 d-q 변환하여 d축 전류성분 및 q축 전류성분으로 변환하는 d-q좌표 변환단계;

토크 요청량 및 상기 3상모터의 속도를 수신하여 상기 토크 요청량 및 상기 속도에 따른 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호를 발생하되, 상기 토크 요청량 및 상기 속도에 따른 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호가 목표 크기에 도달하는 속도가 각각 서로 다르도록 발생시키는 레퍼런스전류 발생 단계;

상기 d축 전류성분 및 상기 q축 전류성분이 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호를 추종하도록 d축 제어신호 및 q축 제어신호를 발생하는 전류제어단계;

상기 d축 제어신호 및 상기 q축 제어신호를 3상 제어신호로 변환하는 역변환단계; 및

상기 3상 제어신호의 제어에 의해 3상 전류를 발생하는 단계

를 포함하되,

상기 q축 레퍼런스전류의 크기가 상기 q축 전류성분의 크기보다 작은 경우에, 상기 q축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도는 상기 d축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도보다 빠르도록 발생하는 것을 특징으로 하는 약계자 제어방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 q축 레퍼런스전류 신호는 스텝지령으로 발생하고,

상기 d축 레퍼런스전류 신호는 램프지령으로 발생하는 것을 특징으로 하는 약계자 제어방법.

청구항 16

제11항에 있어서,

상기 토크 요청량 또는 상기 속도가 상기 전류맵 상에 리스트에 없는 경우에는 보간법을 사용하여 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호를 발생하는 것을 특징으로 하는 약계자 제어방법.

청구항 17

제10항에 있어서,

상기 3상모터에서 발생하는 역기전력의 크기는,

상기 3상모터의 최대 유기전압의 크기 이하로 제한되는 것을 특징으로 하는 약계자 제어방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명의 실시예는 3상모터의 토크를 제어하기 위한 약계자 제어 방법 및 장치에 관한 것이다. 더 상세하게는 하이브리드 차량의 구동모터에 대한 d-q 전류제어시 d축 레퍼런스 신호 및 q축 레퍼런스 신호를 발생하되 d축 레퍼런스 신호와 q축 레퍼런스 신호의 발생속도를 각각 다르도록 발생시킴으로써 안정적으로 모터에 대한 토크 제어를 하고자 하는 3상모터의 토크를 제어하기 위한 약계자 제어 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 발명의 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.

[0003] 하이브리드 자동차용 견인모터의 토크 제어는 엔진이 최고 효율을 갖는 출력 상태를 유지할 수 없는 경우에 부족한 동력을 모터가 보조하여 고효율 운전이 가능하게 하는 역할을 한다. 견인모터에 대한 적절한 토크 제어는 일반 자동차에 비하여 높은 연비와 고효율 및 고출력을 가능하게 하지만 견인모터에 대한 토크제어가 적절치 못할 경우엔 견인모터가 엔진의 부하로 작용하게 되어 견인모터가 없는 일반 자동차보다 오히려 효율이 떨어질 수 있다. 예를 들어, 하이브리드 자동차에서 견인모터에 의한 토크를 필요로 하지 않는 고속주행 영역에서는 견인모터가 엔진에 동력을 전달하지 않도록 제어하는 영토크 제어가 중요하다. 하이브리드 자동차에서 영토크 제어는, 견인모터의 정격속도 이하의 영역인 경우에 해당하는 정토크 영역에서는 영전류 지령을 통해 쉽게 실현 가능하다. 하지만, 하이브리드 자동차가 엔진에 의해 고속주행을 함으로써 엔진이 고속으로 회전하고, 엔진과 함께 회전하도록 장착된 견인모터도 같이 고속으로 회전하게 된다. 이때, 회전속도가 견인모터의 정격속도 이상의 고속회전을 하는 정출력 영역에서는 견인모터에 대한 적절한 제어가 수행되지 못할 경우 엔진에 의해 회전하는 견인모터에서 과도한 역기전력이 발생하면서 엔진의 회전에 반대되는 역방향 토크를 발생함으로써 견인모터가 엔진에 부하로 작용하여 하이브리드 자동차의 주행효율이 떨어지게 되는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 발명의 일 실시예는, 하이브리드 차량의 구동모터에 대한 d-q 전류제어시 d축 레퍼런스 신호 및 q축 레퍼런스 신호를 발생하되 d축 레퍼런스 신호와 q축 레퍼런스 신호의 발생속도를 각각 다르도록 발생시킴으로써 안정적으로 모터에 대한 토크제어를 하고자 하는 것이 목적이다.

과제의 해결 수단

[0005] 전술한 목적을 달성하기 위해 본 발명의 일 실시예는, 3상모터의 토크를 제어하기 위한 약계자 제어장치에 있어서, 상기 3상모터에 입력되는 3상 전류의 크기를 d-q 변환하여 d축 전류성분 및 q축 전류성분으로 변환하는 d-q 좌표변환부; 토크 요청량 및 상기 3상모터의 속도를 수신하여 상기 토크 요청량 및 상기 속도에 따른 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호를 발생하되, 상기 토크 요청량 및 상기 속도에 따른 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호가 목표 크기에 도달하는 속도가 각각 서로 다르도록 발생시키는 레퍼런스전류 발생부; 상기 d축 전류성분 및 상기 q축 전류성분이 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호를 추종하도록 d축 제어신호 및 q축 제어신호를 발생하는 전류제어부; 상기 d축 제어신호 및 상기 q축 제어신호를 3상 제어신호로 변환하는 역변환부; 및 상기 3상 제어신호의 제어에 의해 3상 전류를 발생하는 구동전류발생부를 포함하는 것을 특징으로 하는 약계자 제어장치를 제공한다.

[0006] 상기 레퍼런스전류 발생부는, 상기 토크 요청량 및 상기 속도에 대한 상기 d축 레퍼런스전류 신호의 크기 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호의 크기를 설정한 전류맵을 참조하여 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런

스전류 신호를 발생할 수 있다.

- [0007] 상기 레퍼런스전류 발생부는, 상기 q축 레퍼런스전류의 크기가 상기 q축 전류성분의 크기보다 큰 경우에, 상기 d축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도는 상기 q축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도보다 빠르도록 발생할 수 있다.
- [0008] 상기 레퍼런스전류 발생부는, 상기 q축 레퍼런스전류의 크기가 상기 q축 전류성분의 크기보다 큰 경우에, 상기 d축 레퍼런스전류 신호는 스텝지령으로 발생하고, 상기 q축 레퍼런스전류 신호는 램프지령으로 발생할 수 있다.
- [0009] 상기 레퍼런스전류 발생부는, 상기 q축 레퍼런스전류의 크기가 상기 q축 전류성분의 크기보다 작은 경우에, 상기 q축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도는 상기 d축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도보다 빠르도록 발생할 수 있다.
- [0010] 상기 레퍼런스전류 발생부는, 상기 q축 레퍼런스전류의 크기가 상기 q축 전류성분의 크기보다 작은 경우에, 상기 q축 레퍼런스전류 신호는 스텝지령으로 발생하고, 상기 d축 레퍼런스전류 신호는 램프지령으로 발생할 수 있다.
- [0011] 상기 토크 요청량 또는 상기 속도가 상기 전류맵 상에 리스트에 없는 경우에는 보간법을 사용하여 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호를 발생할 수 있다.
- [0012] 상기 3상모터에서 발생하는 역기전력의 크기는, 상기 3상모터의 최대 유기전압의 크기 이하로 제한될 수 있다.
- [0013] 상기 3상모터는 IPMSM일 수 있다.
- [0014] 또한, 전술한 목적을 달성하기 위해 본 발명의 다른 실시예는, 3상모터의 토크를 제어하기 위한 약계자 제어방법에 있어서, 상기 3상모터에 입력되는 3상 전류의 크기를 d-q 변환하여 d축 전류성분 및 q축 전류성분으로 변환하는 d-q좌표변환단계; 토크 요청량 및 상기 3상모터의 속도를 수신하여 상기 토크 요청량 및 상기 속도에 따른 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호를 발생하되, 상기 토크 요청량 및 상기 속도에 따른 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호가 목표 크기에 도달하는 속도가 각각 서로 다르도록 발생시키는 레퍼런스전류 발생단계; 상기 d축 전류성분 및 상기 q축 전류성분이 상기 d축 레퍼런스전류 신호 및 상기 q축 레퍼런스전류 신호를 추종하도록 d축 제어신호 및 q축 제어신호를 발생하는 전류제어단계; 상기 d축 제어신호 및 상기 q축 제어신호를 3상 제어신호로 변환하는 역변환단계; 및 상기 3상 제어신호의 제어에 의해 3상 전류를 발생하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 약계자 제어방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0015] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 의하면, 하이브리드 차량의 구동모터에 대한 하이브리드 차량의 구동모터에 대한 d-q 전류제어시 d축 레퍼런스 신호 및 q축 레퍼런스 신호를 발생하되 d축 레퍼런스 신호와 q축 레퍼런스 신호의 발생속도를 각각 다르도록 발생시킴으로써 안정적으로 모터에 대한 토크제어를 하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 약계자 제어장치를 간략히 나타낸 도면이다.
- 도 2는 전류평면에서의 전류와 전압제한을 도시한 도면이다.
- 도 3은 3상모터(160)의 회전속도에 따른 역기전력의 크기의 변화(V_{oA}), 구동전류발생부가 낼 수 있는 최대 출력 전압(V_{oB})을 도시한 도면이다.
- 도 4는 약계자 제어 시 q축 전류(i_q)의 변화에 따른 전압제한선의 변화를 예시한 도면이다.
- 도 5는 q축 전류의 증감에 따른 d축 레퍼런스전류 지령 및 q축 레퍼런스전류 지령과 토크의 증감을 예시한 도면이다.
- 도 6은 3상모터의 속도와 토크 요청량에 대한 d축 레퍼런스 신호의 크기 및 q축 레퍼런스 신호의 크기를 설정한 전류맵을 예시한 도면이다.
- 도 7은 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호를 스텝지령을 발생한 경우와 본 발명에서 제안한 방법

으로 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호의 지령을 발생한 경우의 결과를 비교한 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 약계자 제어방법을 나타낸 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0018] 또한, 본 발명의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 또는 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 약계자 제어장치(100)를 간략히 예시한 도면이다.
- [0020] 3상모터(160)의 회전시 발생하는 유도기전력은 로터의 회전을 방해하는 방향으로 생기며, 이를 역기전력이라 한다. 이러한 역기전력은 로터 회전의 시간변화량에 비례하기 때문에 모터가 저속으로 회전하는 경우에는 그 발생량이 적어서 모터제어에 큰 영향을 미치지 않지만, 모터가 고속으로 회전하는 경우에는 발생하는 역기전력도 모터의 속도에 비례하여 커진다. 이렇게 크게 발생한 역기전력은 입력전압/전류로부터 원하는 모터 출력 속도 또는 출력을 얻을 수 없게 되며, 따라서 원하는 모터의 출력을 얻기 위해서는 입력 전압/전류를 변화시켜야 한다. 이때, 역기전력과 발생시키게 되는 자속과 반대되는 방향으로 역자속이 발생하도록 전류/전압을 인가하며, 이를 약계자 제어라 한다.
- [0021] 도 1에 예시하듯이, 본 발명의 일 실시예에 따른 약계자 제어장치(100)는 전류감지부(102), d-q변환부(110), 레퍼런스전류 발생부(120), 전류제어부(130), 역변환부(140), 구동전류발생부(150), 속도계산부(180) 및 위상감지부(190)를 포함하여 구성할 수 있다.
- [0022] 전류감지부(102)는 3상모터(160)에 흐르는 전류를 감지한다.
- [0023] 위상감지부(190)는 3상모터(160)의 위상을 감지한다.
- [0024] d-q변환부(110)는 3상모터(160)에 입력되는 3상 전류의 크기를 d-q 변환하여 d축 전류성분 및 q축 전류성분으로 변환한다. d-q변환부(110)는 3상모터(160)에 흐르는 전류를 감지하는 전류감지부(102)로부터 3상의 전류의 크기 (i_a, i_b, i_c) 및 3상모터(160)의 위상을 감지하는 위상감지부(190)으로부터 위상각(θ_r)을 수신하여 d축 전류성분 및 q축 전류성분으로 변환한다.
- [0025] 속도계산부(180)는 3상모터(160)의 위상각(θ_r)을 수신하여 3상모터(160)의 속도를 계산한다.
- [0026] 레퍼런스전류 발생부(120)는 하이브리드 차량에 대한 토크 요청량 및 속도계산부(180)가 3상모터(160)의 위상각(θ_r)을 수신하여 계산한 3상모터(160)의 속도를 수신하여 d축 레퍼런스 신호 및 q축 레퍼런스 신호를 발생하되, d축 레퍼런스 신호와 q축 레퍼런스 신호의 목표 크기에 도달하는 속도가 각각 다르도록 발생시킨다.
- [0027] 하이브리드 자동차에 견인모터로 장착된 3상모터(160)는 엔진과 함께 회전하도록 장착되며, 하이브리드 자동차가 고속주행을 하는 경우에 3상모터(160)가 정격속도 이상의 고속회전을 하는 정출력 영역에서는 3상모터(160)에서 과도한 역기전력이 발생하여 엔진에 역방향 토크를 발생시킬 수 있으므로 레퍼런스전류 발생부(120)는 엔진에 역방향 토크가 발생하지 않도록 제어하기 위한 레퍼런스 전류를 발생시킨다. 레퍼런스전류 발생부(120)는 역기전력과 발생시키게 되는 자속과 반대되는 방향으로 3상모터(160)에 역자속이 발생하도록 레퍼런스 전류를 인가함으로써 약계자 제어를 수행할 수 있다.
- [0028] 전류제어부(130)는 d-q변환부(110)로부터 수신한 d축 전류성분 및 q축 전류성분이 레퍼런스전류 발생부(120)로부터 수신한 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호를 추종하도록 d축 제어신호 및 q축 제어신호를 발생한다.
- [0029] 역변환부(140)는 전류제어부(130)로부터 수신한 d축 제어신호 및 q축 제어신호를 3상 제어신호로 변환한다.

[0030] 구동전류발생부(150)는 역변환부(140)로부터 3상 제어신호(3상 PWM 게이트신호)를 수신하여 PWM제어를 통하여 스위칭을 제어하여 3상 전류를 발생하여 3상모터(160)를 구동한다.

[0031] 3상모터(160)로부터 발생하는 출력전류의 크기는 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 1

$$I_a = \sqrt{i_d^2 + i_q^2} \leq I_{am}$$

[0032] (단, i_d : d축 전류, i_q : q축 전류, I_{am} : 구동전류발생부 최대출력전류)

[0033] 수학적 식 1에서 3상모터(160)의 출력전류는 구동전류발생부 최대출력전류(I_{am})에 의해 제한될 수 있다.

[0034] 3상모터(160)로부터 발생하는 역기전력의 크기는 수학적 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 2

$$V_o = \omega \Psi_o = \omega \sqrt{(L_d i_d + \Psi_a)^2 + (L_q i_q)^2} \leq V_{om}$$

[0035] (단, ω : 회전속도, Ψ_o : 3상모터(160)의 전체 쇄교자속, Ψ_a : 3상모터(160) 내의 자석에 의한 자속, L_d : d축 인덕턴스, L_q : q축 인덕턴스, i_d : d축 전류, i_q : q축 전류, V_{om} : 3상모터의 최대 유기가능 전압)

[0036] 수학적 식 2에서 3상모터(160)에 의해 발생하는 역기전력의 크기는 3상모터의 최대 유기전압(V_{om})의 크기 이하로 제한되도록 제어된다. 여기서, 3상모터의 최대 유기전압(V_{om})의 크기는 (구동전류발생부 최대출력전압 - 3상모터의 전압강하)의 값이 될 수 있다.

[0037] 수학적 식 1과 수학적 식 2로 표현되는 허용가능한 최대전류와 구동전류발생부(150)에서 주어지는 최대 고정자 제한 전압은 dq평면 상에서 도 2와 같이 표현할 수 있다.

[0038] 도 2에 도시한 바와 같이 전류평면에서 전류제한선은 원으로 나타나고, 전압제한선은 타원으로 나타난다.

[0039] 도 2에서 i_{da} , i_{db} 및 i_{dc} 는 약계자 제어를 위한 d축 전류(i_d)의 크기의 예를 나타낸 것이고, d축 전류(i_d)의 크기는 전압제한선 내부에 이르도록 제어되어야 하며, 그 크기가 지나치게 커지면 약계자 제어에 의한 전력소모가 커지므로 적절한 크기로 제어되어야 한다.

[0040] 도 3은 3상모터(160)의 회전속도에 따른 역기전력의 크기의 변화(V_{oA}), 구동전류발생부가 낼 수 있는 최대 출력 전압(V_{oB})을 도시한 도면이다.

[0041] 만약 모터(160)가 일정 토크 영역을 넘어선 일정 출력 영역으로 회전하고 있다면, 구동전류발생부(150)의 공급 전압보다 역기전력의 전압이 커질 수 있으므로 역기전력에 의한 전류는 구동전류발생부 쪽으로 회생된다. 따라서, 이러한 회생 전류를 막기 위한 방법으로 약계자 제어가 사용되며, 역기전력을 줄일 수 있는 방법으로 계자 자속을 줄이는 방향으로 자계를 만들어 주는 방법을 사용한다. 따라서 d축 전류를 음의 방향으로 인가하였을 때 계자 자속을 줄이는 효과를 얻을 수 있다. 그렇기 때문에 일정 출력 영역에서는 속도에 따라 d축 전류를 흘려주고 있어야 하는데, 만일, 모터(160)가 고속 회전 중(일정 출력 영역)이라면 d축 전류가 양의 방향으로 줄어들었다면 그 만큼의 역기전력이 커지는 효과가 나타난다.

[0042] 3상모터(160)가 정격속도 이상으로 회전하는 경우에 발생하는 역기전력(V_o)의 크기를 감소시키기 위해서, 수학적 식 2를 참조하면 d축 전류(i_d)는 (-)의 크기로 증가시킨다. 만일 d축 전류(i_d)의 크기가 i_{da} 만큼의 크기라면 전류평면 상에서의 해당 위치는 전압제한선 밖의 점이 된다. 이 경우는 도 3에 나타낸 V_{oA} 와 같이 정격속도 이상에서

역기전력이 증가하는 특성을 나타낼 수 있다.

[0045] 만일, 만일 d축 전류(i_d)의 크기가 i_{dB} 만큼의 크기라면 전류평면 상에서의 해당 위치는 전압제한선 상의 점이 되므로, 역기전력의 크기가 3상모터의 최대 유기전압(V_{om})의 크기로 발생하는 경우가 된다. 이는 도 3에 나타난 V_{oB} 와 같이 정격속도 이상에서 역기전력의 크기가 최대 유기전압(V_{om})을 갖는 특성을 나타낸다.

[0046] 만일, 만일 d축 전류(i_d)의 크기가 i_{dC} 만큼의 크기를 갖는다면 전류평면 상에서의 해당 위치는 전압제한선 내부의 점이 되므로, 역기전력의 크기가 3상모터의 최대 유기전압(V_{om})의 크기 이하로 발생하는 경우가 된다. 이는 도 3에 나타난 V_{oC} 와 같이 정격속도 이상에서 역기전력의 크기가 최대 유기전압(V_{om}) 이하로 감소하는 특성을 나타낸다.

[0047] 한편, 3상모터(160)에 의해 발생하는 토크(T)는 수학식 3과 같이 표현할 수 있다.

수학식 3

[0048]
$$T = P_n \{ \Psi_a i_q + (L_d - L_q) i_d i_q \}$$

[0049] (단, P_n 은 모터의 극수, ψ_a 는 3상모터(160)의 쇄교자속, L_d : d축 인덕턴스, L_q : q축 인덕턴스, i_d : d축 전류, i_q : q축 전류)

[0050] 수학식 3에서 3상모터(160)의 토크(T)는 q축 전류(i_q)의 크기에 비례함을 알 수 있으며, 수학식 2에서 q축 전류(i_q)는 역기전력의 크기에 비례하므로 토크(T)는 역기전력의 크기에 비례함을 알 수 있다. 따라서, 역기전력의 크기 및 3상모터에서 발생하는 토크(T)의 크기를 제어하기 위해서는 q축 전류(i_q)의 크기를 제어하여야 한다.

[0051] 도 2에서와 같이 d축 전류(i_d)가 i_{dA} 만큼 흐르게 되면 도 3에서의 역기전력은 V_{oA} 와 같이 증가하게 되어 큰 회생 전류가 흐를 수 있다. 따라서 레퍼런스전류 발생부(120)는 정출력 영역에서 d축 전류와 q축 전류를 제어하여 역기전력을 감소시키고 동시에 토크를 제어함에 있어서 발생하는 각 축(d축, q축)의 레퍼런스 전류 지령 속도를 다르게 하여 안정적인 토크제어가 가능하도록 할 수 있다.

[0052] 도 4는 약계자 제어 시 q축 전류(i_q)의 변화에 따른 전압제한선의 변화를 예시한 도면이다.

[0053] q축 전류(i_q)가 증가하면 토크 및 역기전력의 크기가 증가한다. 이와 같이 역기전력의 크기가 증가하는 것은 모터(160)가 고속으로 회전하기 때문이다. 이렇게 모터(160)가 고속으로 회전하고 있을 때(일정 출력 영역)에 이미 모터(160)의 역기전력 전압은 구동전류발생부(150)의 출력 전압보다 높을 수 있다. 이 상태에서 약계자제어를 통하여 전동기에 토크를 가하려고 q축 전류를 더 인가하게 되면 q축 전류의 크기에 대한 역기전력 성분이 커지게 된다. 따라서 d축 전류도 함께 음의 방향으로 값을 키워야 한다. 따라서 전압제한원은 속도에 대하여 줄어 들고 q축 전류의 증가분에 대하여도 줄어들게 되어(q축을 증가시킨다는 것은 현재 전동기 회전 속도를 높인다는 뜻과 같다.) d축과 q축을 동시에 크기를 늘려주면 불안정한 제어가 될 수도 있기 때문에 d축 전류를 먼저 증가시켜 주어 계자 자속을 감소시킨 후에 q축 전류를 증가시켜 제어한다.

[0054] 따라서, 도 4의 A에서 q축 전류의 크기가 i_{q1} 에서 i_{q2} 로 증가하는 경우에, d축 전류(i_d)를 약 i_{d2} 만큼 더 흘려주어야 한다. 하지만 d축 레퍼런스 전류의 지령속도가 q축 레퍼런스 전류의 지령속도보다 느리게 되면 그림 3에서와 같이 동작점이 전압제한선 밖에 위치하도록 d축 전류가 i_{dB} 만큼 흐르는 상태가 되어 모터에서 큰 회생전류가 발생할 수 있다.

[0055] 따라서, 레퍼런스전류 발생부(120)는 각 축의 레퍼런스전류 지령속도에 차이를 두어 큰 회생전류가 발생하지 않도록 각 축의 레퍼런스 전류를 발생시킨다. 만일, 도 4의 (A)와 같이 q축 전류를 증가시키고자 하는 경우에는 d축 레퍼런스 전류의 지령이 발생된 후에 q축 레퍼런스 전류지령을 발생시킨다. 즉, q축 레퍼런스전류의 크기가 q축 전류성분의 크기보다 큰 경우에, d축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도가 q축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도보다 빠르도록 발생할 수 있다. 구체적으로는 설명하면, q축 전류를 증가시켜

고자 하는 경우에 d축 레퍼런스 전류의 지령은 스텝(Step) 지령으로 발생시키고, q축 레퍼런스 전류의 지령은 램프(Ramp) 지령으로 발생시킬 수 있다. 여기서 램프 지령이란 토크 요청량 및 3상모터의 속도에 따라 설정될 수 있는 q축 레퍼런스전류 또는 d축 레퍼런스전류의 크기의 변화가 일정한 기울기를 갖는 것을 의미한다.

[0056] 반대로, 만일, 도 4의 (B)와 같이 q축 전류를 감소시키고자 하는 경우에는 q축 레퍼런스전류의 지령이 발생된 후에 d축 레퍼런스전류 지령을 발생시킨다. 즉, q축 레퍼런스전류의 크기가 q축 전류성분의 크기보다 작은 경우에, q축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도가 d축 레퍼런스전류 신호의 목표크기에 도달하는 속도보다 빠르도록 발생할 수 있다. 예를 들어, q축 전류를 감소시키고자 하는 경우에 q축 레퍼런스 전류의 지령은 스텝 지령으로 발생시키고, d축 레퍼런스 전류의 지령은 램프 지령으로 발생시킴으로써 큰 회생전류가 발생하는 것을 방지할 수 있다. 여기서 d축 레퍼런스 전류에 대하여 램프 지령이 발생함으로 인해 토크 요청량에 따른 목표 크기에 도달하기까지 d축 레퍼런스 전류의 크기의 변화가 일정한 기울기를 갖는다.

[0057] 전류제어부(130)는 d-q변환부(110)로부터 수신한 d축 전류성분 및 q축 전류성분이 레퍼런스전류 발생부(120)로부터 수신한 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호를 추종하도록 d축 제어신호 및 q축 제어신호를 발생하며, 전류제어부(130)가 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호를 추종하도록 d축 제어신호 및 q축 제어신호를 발생하는 방법으로는 PI 제어 등 다양한 방법을 사용할 수 있다.

[0058] 역변환부(140)는 전류제어부(130)로부터 수신한 d축 제어신호 및 q축 제어신호를 3상 제어신호로 변환하고, 구동전류발생부(150)는 역변환부(140)로부터 3상 PWM 게이트신호를 받아 스위칭하여 3상모터(160)에 3상전류를 인가한다.

[0059] 도 5에 도시한 바와 같이, q축 전류의 증감에 따른 d축 레퍼런스전류 지령 및 q축 레퍼런스전류 지령 방법이 달라질 수 있으며, q축 전류의 증감에 따라 모터에 의해 발생하는 토크의 증감이 발생한다.

[0060] 도 6은 3상모터(160)의 속도와 토크 요청량에 대한 d축 레퍼런스 신호의 크기 및 q축 레퍼런스 신호의 크기를 설정한 전류맵을 예시한 도면이다.

[0061] 레퍼런스전류 발생부(120)는 감지된 3상모터(160)의 속도와 토크 요청량에 대한 d축 레퍼런스 신호의 크기(즉, 목표 크기) 및 q축 레퍼런스 신호의 크기(즉, 목표 크기)를 설정한 전류맵을 참조하여 d축 레퍼런스 신호 및 q축 레퍼런스 신호를 발생한다. 만일 수신한 속도의 값이 ω_1 , ω_2 와 같은 전류맵 상의 리스트에 존재하지 않는 값인 경우와, 토크 요청량이 T_1 , T_2 , T_3 와 같은 전류맵 상의 리스트에 존재하지 않는 값인 경우에는 보간법을 사용하여 d축 레퍼런스 신호 및 q축 레퍼런스 신호를 발생할 수 있다. 예를 들어, 전류맵상에서, 속도가 ω_1 일 때 토크 요청량이 T_1 (예컨대 2)인 경우 (id, iq) 레퍼런스 값이 각각 (3, 4)이고, 속도가 ω_1 일 때 토크 요청량이 T_2 (예컨대 3)인 경우 (id, iq) 레퍼런스 값이 각각 (5, 6)이라면, 속도가 ω_1 일 때 입력된 토크 요청량이 2.5(즉, T_1 과 T_2 의 중간값)라면 (id, iq) 레퍼런스 값 (3, 4)와 (5,6)을 보간하여 (id, iq) 레퍼런스 값으로 $((3+5)/2, (4+6)/2)$, 즉 (4,5)를 출력할 수 있다.

[0062] 도 7은 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호를 스텝지령을 발생한 경우와 본 발명에서 제안한 방법으로 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호의 지령을 발생한 경우의 결과를 비교한 도면이다.

[0063] 도 7의 (A)에서와 같이 d축 레퍼런스전류(i_d^*) 신호 및 q축 레퍼런스전류(i_q^*) 신호를 스텝지령을 발생한 경우(점선으로 된 사각형 부분) 모터에 발생하는 3상전압의 크기는 불안정하게 크기가 변하는 등 제어가 제대로 이루어지지 않은 모습을 보이고, 도 7의 (B)에서처럼 q축 레퍼런스전류(i_q^*) 신호를 스텝지령을 발생하고 d축 레퍼런스전류(i_d^*) 신호를 램프지령을 발생한 경우 모터에 발생하는 3상전압의 크기는 안정적으로 그 크기가 변하는 모습을 보임을 알 수 있다.

[0064] 한편, 여기서 3상모터(160)는 IPMSM(Interior Permanent Magnet Synchronous Motor) 또는 SMPM(Surface-Mounted ermanent Magnet) 모터일 수 있으며, 본 발명이 이에 한정되지는 않는다.

[0065] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 약계자 제어방법을 나타낸 흐름도이다.

[0066] 도 8에 예시하듯이, 3상모터의 토크를 제어하기 위한 약계자 제어방법은, 3상모터(160)에 입력되는 3상 전류의 크기를 d-q 변환하여 d축 전류성분 및 q축 전류성분으로 변환하는 d-q좌표변환단계(S810), 토크 요청량 및 3상모터(160)의 속도를 수신하여 토크 요청량 및 3상모터(160)의 속도에 따른 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼

런스전류 신호를 발생하되, 토크 요청량 및 3상모터(160)의 속도에 따른 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호가 제어목표 크기에 도달하는 속도가 각각 서로 다르도록 발생시키는 레퍼런스전류 발생단계(S820), d축 전류성분 및 q축 전류성분이 d축 레퍼런스전류 신호 및 q축 레퍼런스전류 신호를 추종하도록 d축 제어신호 및 q축 제어신호를 발생하는 전류제어단계(S830), d축 제어신호 및 q축 제어신호를 3상 제어신호로 변환하는 역변환단계(S840) 및 3상 제어신호의 제어에 의해 3상 전류를 발생하는 단계(S850)를 포함한다.

[0067] 여기서, d-q좌표변환단계(S810)는 d-q변환부(110)의 동작에, 레퍼런스전류 발생단계(S820)는 레퍼런스전류 발생부(120)의 동작에, 전류제어단계(S830)는 전류제어부(130)의 동작에, 역변환단계(S840)는 역변환부(140)의 동작에, 3상 전류를 발생하는 단계(S850)는 구동전류발생부(150)의 동작에 각각 대응되므로 상세한 설명은 생략한다.

[0068] 이상에서, 본 발명의 실시예를 구성하는 모든 구성 요소들이 하나로 결합되거나 결합되어 동작하는 것으로 설명되었다고 해서, 본 발명이 반드시 이러한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 즉, 본 발명의 목적 범위 안에서라면, 그 모든 구성 요소들이 하나 이상으로 선택적으로 결합하여 동작할 수도 있다.

[0069] 또한, 이상에서 기재된 "포함하다", "구성하다" 또는 "가지다" 등의 용어는, 특별히 반대되는 기재가 없는 한, 해당 구성 요소가 내재될 수 있음을 의미하는 것이므로, 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 기술적이거나 과학적인 용어를 포함한 모든 용어들은, 다르게 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어와 같이 일반적으로 사용되는 용어들은 관련 기술의 문맥 상의 의미와 일치하는 것으로 해석되어야 하며, 본 발명에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

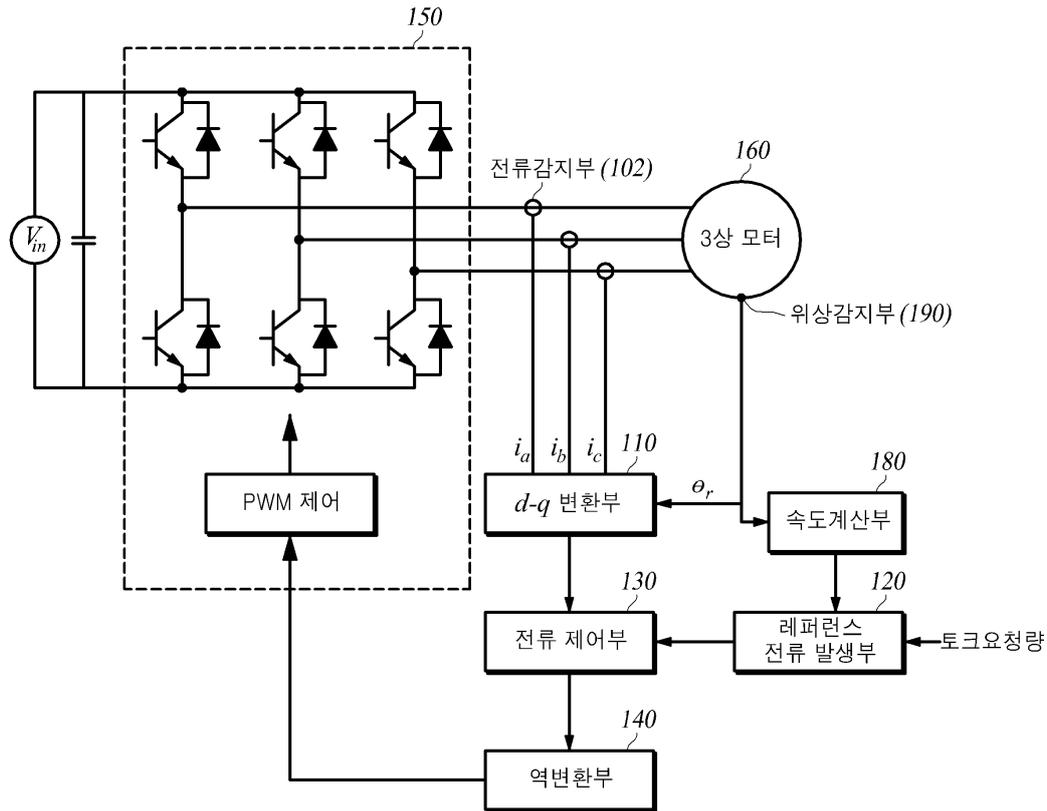
[0070] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

산업상 이용가능성

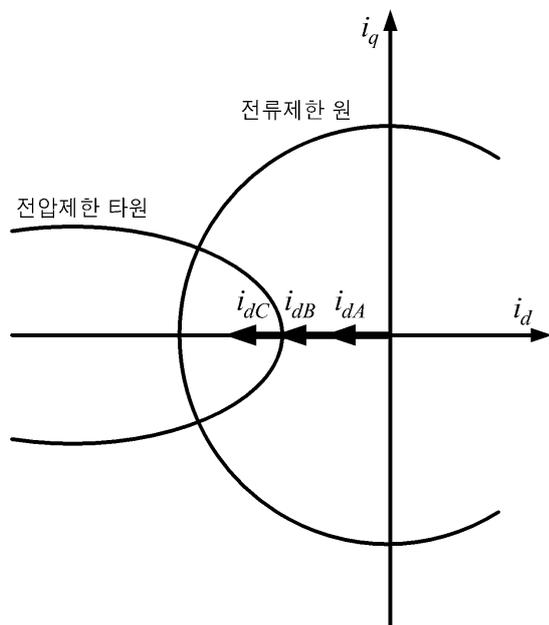
[0071] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명은 하이브리드 차량의 구동모터에 대한 d-q 전류제어시 d축 레퍼런스 신호 및 q축 레퍼런스 신호를 발생하되 d축 레퍼런스 신호와 q축 레퍼런스 신호의 발생속도를 각각 다르도록 발생시킴으로써 안정적으로 모터에 대한 토크제어를 하도록 하는 효과를 발생하는 유용한 발명이다.

도면

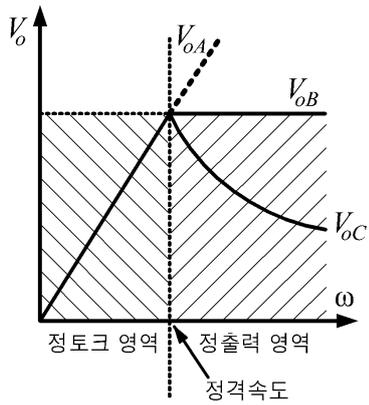
도면1



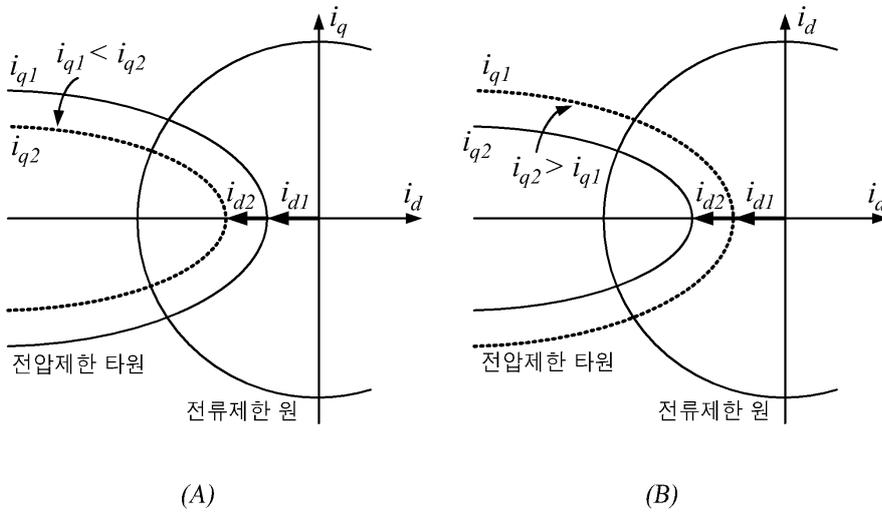
도면2



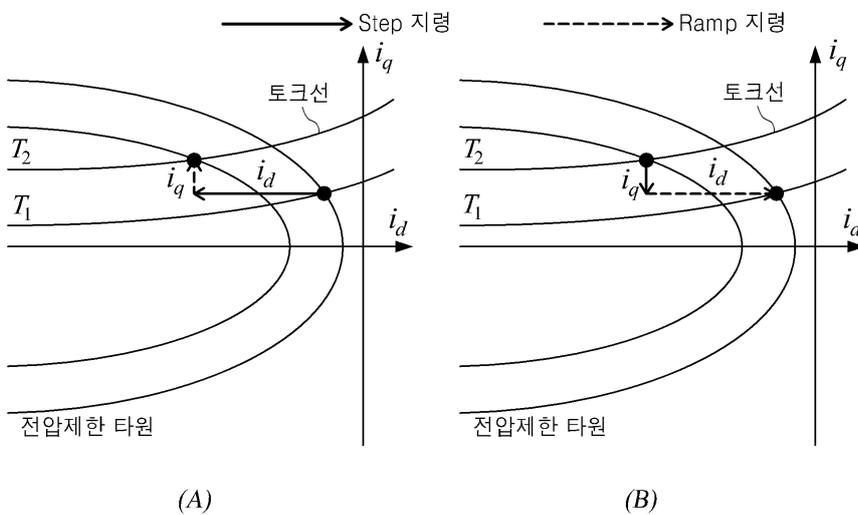
도면3



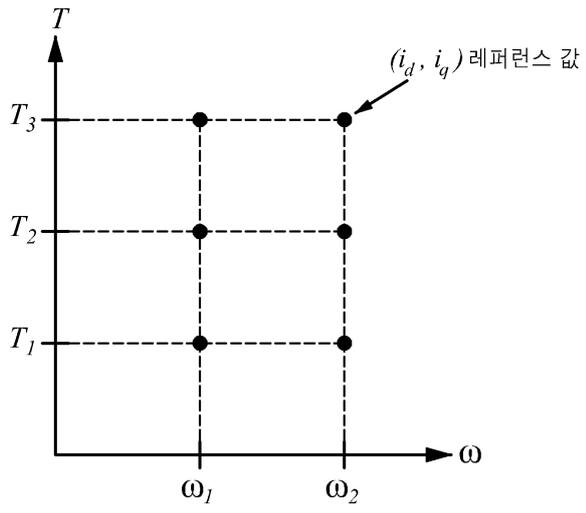
도면4



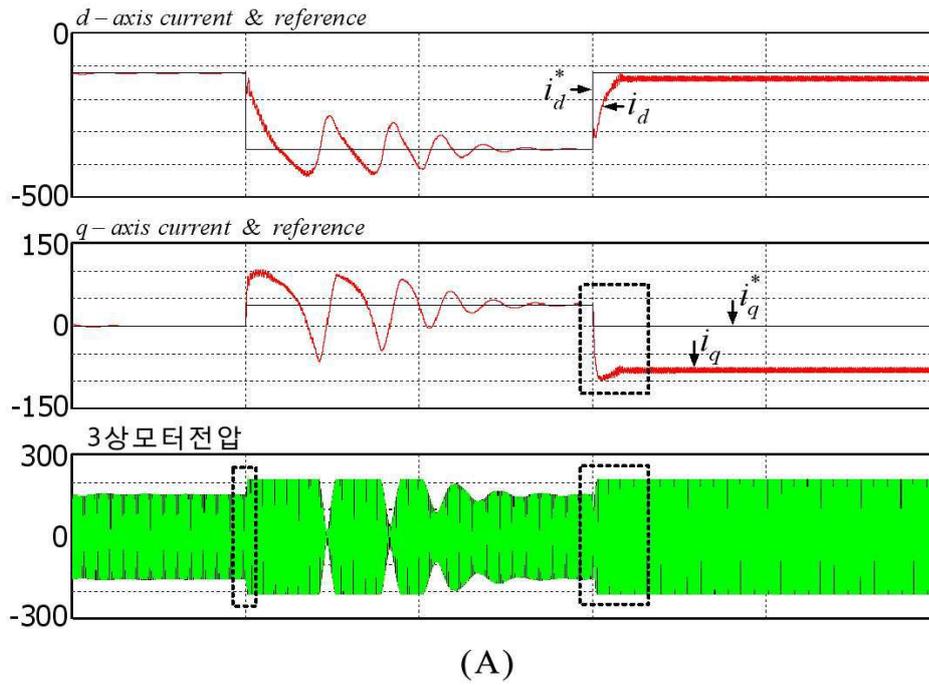
도면5



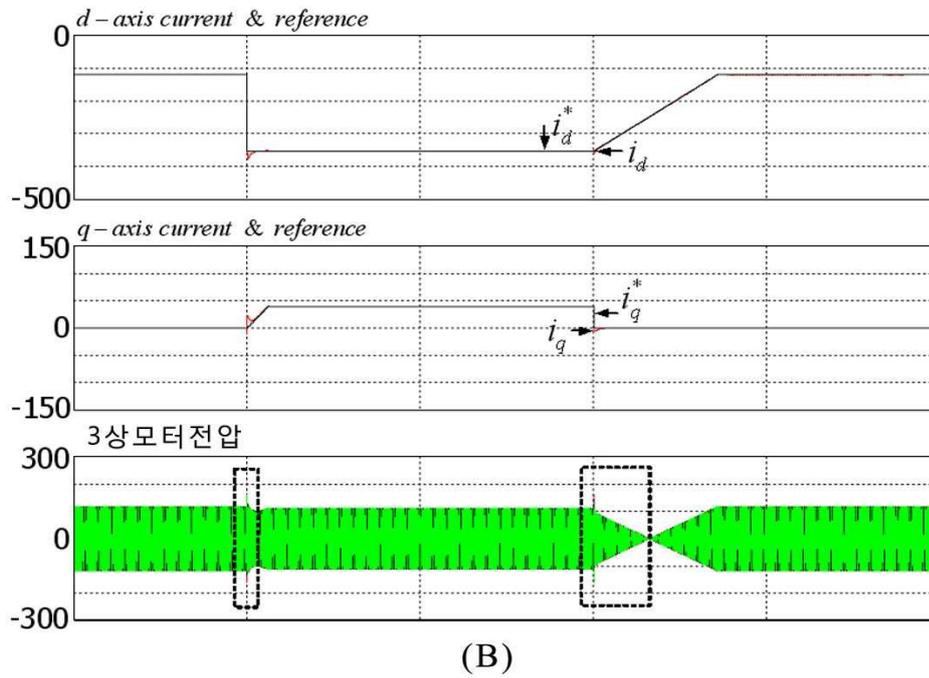
도면6



도면7



(A)



(B)

도면8

