



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2014-0145833  
(43) 공개일자 2014년12월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
B60L 7/10 (2006.01) B60L 11/18 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2013-0068501  
(22) 출원일자 2013년06월14일  
심사청구일자 없음

(71) 출원인  
엘지이노텍 주식회사  
서울특별시 중구 한강대로 416 (남대문로5가, 서울스퀘어)  
성균관대학교산학협력단  
경기도 수원시 장안구 서부로 2066, 성균관대학교내 (천천동)

(72) 발명자  
조대성  
서울 중구 한강대로 416, 20층 엘지이노텍(주) (남대문로5가, 서울스퀘어)  
원충연  
경기 수원시 장안구 서부로 2066, (천천동, 성균관대학교자연과학캠퍼스)  
이정효  
경기 수원시 장안구 서부로 2066, (천천동, 성균관대학교자연과학캠퍼스)

(74) 대리인  
특허법인다나

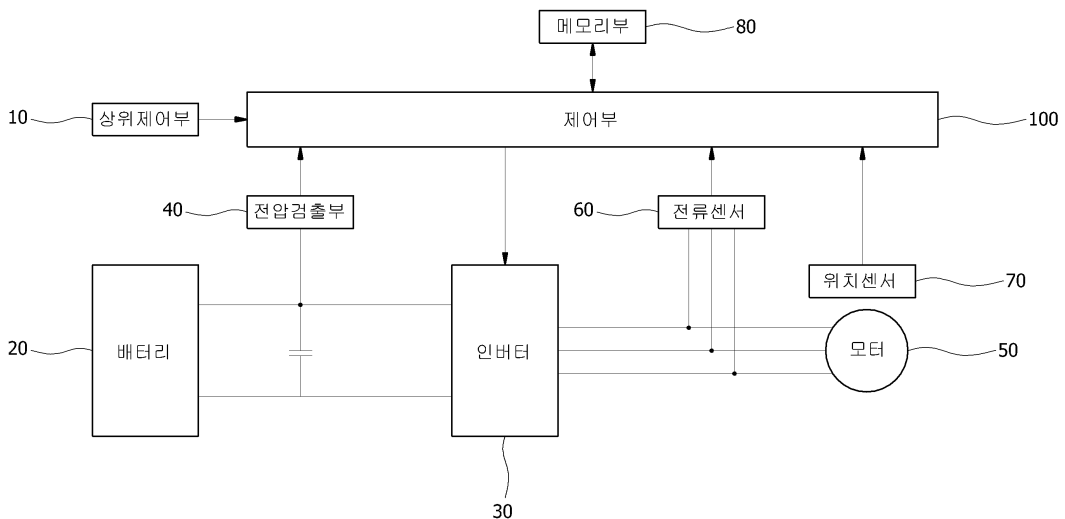
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 차량의 회생 에너지 제어 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 방법은 인버터를 제어하여 모터를 구동하고, 차량의 제동 시 모터로부터 배터리로 회생되는 전력을 제어하는 차량의 회생 에너지 제어 방법에 있어서, 정전압지령 및 정전류지령이 입력되면, 배터리로 회생되는 DC링크전압을 입력받는 단계, 정전압지령, 정전류지령 및 DC링크전압에 기초하여 DC링크전류지령을 생성하는 단계, DC링크전류지령 및 DC링크전압으로부터 필요전력을 연산하는 단계, 필요전력을 모터의 출력전력과 비교하여 토크지령을 생성하는 단계 및 토크지령에 기초하여 인버터를 제어하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

인버터를 제어하여 모터를 구동하고, 차량의 제동시 상기 모터로부터 배터리로 회생되는 전력을 제어하는 차량의 회생 에너지 제어 방법에 있어서,

정전압지령 및 정전류지령이 입력되면, 상기 배터리로 회생되는 DC링크전압을 입력받는 단계;

상기 정전압지령, 상기 정전류지령 및 상기 DC링크전압에 기초하여 DC링크전류지령을 생성하는 단계;

상기 DC링크전류지령 및 상기 DC링크전압으로부터 필요전력을 연산하는 단계;

상기 필요전력을 상기 모터의 출력전력과 비교하여 토크지령을 생성하는 단계; 및

상기 토크지령에 기초하여 상기 인버터를 제어하는 단계;를 포함하는 차량의 회생 에너지 제어 방법.

### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 DC링크전류지령을 생성하는 단계는,

상기 정전압지령과 상기 DC링크전압의 차이가 감소하도록 비례적분제어를 수행하여 상기 DC링크전류지령을 생성하되,

상기 DC링크전류지령은 상기 정전류지령이하로 제한되는 차량의 회생 에너지 제어 방법.

### 청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 필요전력을 연산하는 단계는,

상기 DC링크전류지령 및 상기 DC링크전압에 따른 룩업테이블을 참조하여 상기 필요전력을 연산하는 차량의 회생 에너지 제어 방법.

### 청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 토크지령을 생성하는 단계는,

상기 필요전력과 상기 모터의 출력전력의 차이가 감소하도록 비례적분제어를 수행하여 상기 토크지령을 생성하는 차량의 회생 에너지 제어 방법.

### 청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 토크지령을 생성하는 단계는,

상기 모터의 자속을 연산하는 단계;

d축전류 및 q축전류에 따른 룩업테이블을 참조하여 상기 모터의 출력토크를 연산하는 단계; 및

상기 자속 및 상기 출력토크에 기초하여 상기 모터의 출력전력을 연산하는 단계;를 포함하는 차량의 회생 에너지 제어 방법.

**청구항 6**

제 5항에 있어서,

상기 모터의 출력전력을 연산하는 단계는,

상기 자속 및 상기 출력토크에 따른 특업테이블을 참조하여 상기 모터의 출력전력을 연산하는 차량의 회생 에너지 제어 방법.

**청구항 7**

제 1항에 있어서,

상기 인버터를 제어하는 단계는,

상기 토크지령으로부터 d축전류지령 및 q축전류지령을 생성하는 단계;

상기 d축전류지령 및 q축전류지령을 d축전류 및 q축전류와 비교하여 차이가 감소하도록 비례적분제어를 수행하여 d축전압지령 및 q축전압지령을 생성하는 단계;

상기 d축전압지령 및 상기 q축전압지령의 좌표를 변환하여 3상전압지령을 생성하는 단계; 및

상기 3상전압지령을 공간벡터전압변조(SVPWM) 방식으로 변조하여 상기 인버터로 출력하는 단계;를 포함하는, 차량의 회생 에너지 제어 방법.

**청구항 8**

모터를 구동하는 인버터;

상기 모터로부터 상기 인버터를 통해 배터리로 회생되는 DC링크전압을 측정하는 전압검출부; 및

상위제어부로부터 정전압지령 및 정전류지령이 입력되면, 상기 DC링크전압을 입력받아 DC링크전류지령 및 필요전력을 연산하고, 상기 필요전력을 상기 모터의 출력전력과 비교하여 토크지령을 연산하며, 상기 토크지령에 기초하여 상기 인버터를 제어하는 제어부;를 포함하는 차량의 회생 에너지 제어 장치.

**청구항 9**

제 8항에 있어서,

상기 필요전력은 상기 DC링크전압 및 상기 DC링크전류지령에 따른 특업테이블을 참조하여 연산되고,

상기 모터의 출력전력은 상기 모터의 출력토크 및 상기 모터의 자속에 따른 특업테이블을 참조하여 연산되는 차량의 회생 에너지 제어 장치.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 차량의 회생 에너지 제어 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 차량의 제동시 배터리로 회생되는 전압 및 전류를 제어하는 차량의 회생 에너지 제어 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 최근에, 화석연료가 고갈되고 자동차의 배기가스로 인하여 환경오염이 심해지면서 저공해의 대체 에너지를 이용하는 전기자동차에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히, 화석 에너지를 이용하던 기존의 내연기관을 배

터리와 모터를 기반으로 하는 구동 시스템으로 대체하기 위한 연구가 진행되고 있다.

- [0003] 전기자동차는 배터리에 충전된 에너지를 이용하여 모터를 구동하는데, 1회 충전된 배터리로 모터를 구동할 경우 에너지 효율이 낮기 때문에, 전기자동차의 제동시 모터에서 발생하는 회생 에너지로 배터리를 충전하고 있다.
- [0004] 전기자동차의 회생 에너지 제어를 위해, 배터리와 인버터 사이에 DC-DC 컨버터를 배치하고 이를 이용하여 배터리에 공급되는 전압 및 전류를 제어하는 것이 일반적이다.
- [0005] 그러나, DC-DC 컨버터의 사용으로 인하여 부피와 무게가 증가하고, 에너지 효율이 감소하며, DC-DC 컨버터에 사용되는 인덕터의 내구성 하락을 피할 수 없다는 문제점이 있다.
- [0006] 이러한 문제점을 해결하기 위해, DC-DC 컨버터를 이용하지 않고, 배터리에 회생되는 DC링크전압 및 DC링크전류를 측정하여 배터리의 전압 및 전류를 제어하는 방식이 제안된 바 있다.
- [0007] 하지만, 인버터를 통해 배터리로 공급되는 DC링크전류에는 리플 성분이 포함되어 있어, 저역통과필터(Low Pass Filter, LPF)를 통과시켜야 한다. 따라서, 제어기의 동특성을 감소시키는 문제점이 있다.
- [0008] 또한, DC링크전류에는 모터의 회전속도에 대한 고조파 성분이 포함되어 있는데, 이러한 고조파 성분은 저역통과필터로도 제거하기 곤란하여 제어 성능을 저해하는 문제점이 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0009] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 DC-DC 컨버터를 사용하지 않고 인버터만으로 배터리에 회생되는 전압 및 전류를 제어할 수 있도록 하는 차량의 회생 에너지 제어 장치 및 그 방법을 제공하는 데 있다.
- [0010] 또한, 본 발명은 DC링크전류를 측정하지 않음으로써 제어기의 동특성을 유지하면서 배터리에 회생되는 전압 및 전류를 제어할 수 있도록 하는 차량의 회생 에너지 제어 장치 및 그 방법을 제공한다.
- [0011] 또한, 본 발명은 가변 DC링크전압 환경을 반영하여 제어 성능을 향상시킬 수 있도록 하는 차량의 회생 에너지 제어 장치 및 그 방법을 제공한다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 인버터를 제어하여 모터를 구동하고, 차량의 제동시 상기 모터로부터 배터리로 회생되는 전력을 제어하는 차량의 회생 에너지 제어 방법에 있어서, 정전압지령 및 정전류지령이 입력되면, 상기 배터리로 회생되는 DC링크전압을 입력받는 단계; 상기 정전압지령, 상기 정전류지령 및 상기 DC링크전압에 기초하여 DC링크전류지령을 생성하는 단계; 상기 DC링크전류지령 및 상기 DC링크전압으로부터 필요전력을 연산하는 단계; 상기 필요전력을 상기 모터의 출력전력과 비교하여 토크지령을 생성하는 단계; 및 상기 토크지령에 기초하여 상기 인버터를 제어하는 단계;를 포함하는 차량의 회생 에너지 제어 방법이 제공된다.
- [0013] 상기 DC링크전류지령을 생성하는 단계는, 상기 정전압지령과 상기 DC링크전압의 차이가 감소하도록 비례적분제어를 수행하여 상기 DC링크전류지령을 생성하되, 상기 DC링크전류지령은 상기 정전류지령이하로 제한될 수 있다.
- [0014] 상기 필요전력을 연산하는 단계는, 상기 DC링크전류지령 및 상기 DC링크전압에 따른 룩업테이블을 참조하여 상기 필요전력을 연산할 수 있다.
- [0015] 상기 토크지령을 생성하는 단계는, 상기 필요전력과 상기 모터의 출력전력의 차이가 감소하도록 비례적분제어를 수행하여 상기 토크지령을 생성할 수 있다.
- [0016] 상기 토크지령을 생성하는 단계는, 상기 모터의 자속을 연산하는 단계; d축전류 및 q축전류에 따른 룩업테이블을 참조하여 상기 모터의 출력토크를 연산하는 단계; 및 상기 자속 및 상기 출력토크에 기초하여 상기 모터의 출력전력을 연산하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 모터의 출력전력을 연산하는 단계는, 상기 자속 및 상기 출력토크에 따른 룩업테이블을 참조하여 상기 모

터의 출력전력을 연산할 수 있다.

- [0018] 상기 인버터를 제어하는 단계는, 상기 토크지령으로부터 d축전류지령 및 q축전류지령을 생성하는 단계; 상기 d축전류지령 및 q축전류지령을 d축전류 및 q축전류와 비교하여 차이가 감소하도록 비례적분제어를 수행하여 d축전압지령 및 q축전압지령을 생성하는 단계; 상기 d축전압지령 및 상기 q축전압지령의 좌표를 변환하여 3상전압지령을 생성하는 단계; 및 상기 3상전압지령을 공간벡터전압변조(SVPWM) 방식으로 변조하여 상기 인버터로 출력하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 모터를 구동하는 인버터; 상기 모터로부터 상기 인버터를 통해 배터리로 회생되는 DC링크전압을 측정하는 전압검출부; 및 상위제어부로부터 정전압지령 및 정전류지령이 입력되면, 상기 DC링크전압을 입력받아 DC링크전류지령 및 필요전력을 연산하고, 상기 필요전력을 상기 모터의 출력전력과 비교하여 토크지령을 연산하며, 상기 토크지령에 기초하여 상기 인버터를 제어하는 제어부;를 포함하는 차량의 회생 에너지 제어 장치가 제공된다.
- [0020] 상기 필요전력은 상기 DC링크전압 및 상기 DC링크전류지령에 따른 룩업테이블을 참조하여 연산되고, 상기 모터의 출력전력은 상기 모터의 출력토크 및 상기 모터의 자속에 따른 룩업테이블을 참조하여 연산될 수 있다.

**발명의 효과**

- [0021] 본 발명의 실시예에 따르면, DC-DC 컨버터를 사용하지 않고 인버터만으로 배터리에 회생되는 전압 및 전류를 제어할 수 있으므로, 에너지 효율을 높일 수 있고, 부피 및 무게를 감소시킬 수 있다.
- [0022] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, DC링크전류의 측정값 대신에 미리 작성된 룩업테이블을 이용하기 때문에, 제어기의 동특성을 유지하면서 배터리의 전압 및 전류를 제어할 수 있다.
- [0023] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 가변 DC링크전압 환경을 반영할 수 있기 때문에, 제어 성능을 향상시킬 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치의 구성을 도시한 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치에서 제어부의 상세한 구성을 도시한 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치와 관련하여 전압전류 제어모듈의 동작을 설명하기 위한 제어블록도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치와 관련하여 시간의 흐름에 따른 배터리의 전류 및 전압 변화를 도시한 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치와 관련하여 전력 제어모듈의 동작을 설명하기 위한 제어블록도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치와 관련하여 토크 연산모듈의 동작을 설명하기 위한 제어블록도이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치와 관련하여 토크 제어모듈의 동작을 설명하기 위한 제어블록도이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치와 관련하여 벡터 제어모듈의 동작을 설명하기 위한 제어블록도이다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 방법의 동작을 도시한 순서도이다.
- 도 10과 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 방법에 대한 시뮬레이션 결과를 도시한 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0025] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0026] 제2, 제1 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제2 구성요소는 제1 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제1 구성요소도 제2 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0027] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0028] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0029] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0030] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 실시예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치의 구성을 도시한 블록도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치에서 제어부의 상세한 구성을 도시한 블록도이다.
- [0032] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치는 상위제어부(10), 배터리(20), 인버터(30), 전압검출부(40), 모터(50), 전류센서(60), 위치센서(70), 메모리부(80) 및 제어부(100)를 포함한다.
- [0033] 상위제어부(10)는 차량의 주행 조건 및 배터리(20)의 상태정보에 따라 차량의 주행상태 및 제동상태를 판단하고, 그에 따른 지령신호를 생성하여 제어부(100)로 출력한다.
- [0034] 상위제어부(10)는 가속 페달센서(미도시)로부터 입력되는 가속 페달신호에 기초하여 차량의 주행상태를 판단하고, 차량의 가속을 위해 필요한 구동토크를 연산하여 구동토크지령을 제어부(100)로 출력한다.
- [0035] 또한, 상위제어부(10)는 브레이크 페달센서(미도시)로부터 입력되는 브레이크 페달신호에 기초하여 차량의 제동상태를 판단하고, 배터리 센서(미도시)로부터 입력되는 배터리 전류에 기초하여 배터리(20)의 충전상태(State of Charge, SOC)를 판단하여 제동토크 제어 또는 배터리(20)의 전압, 전류 제어를 선택적으로 수행한다.
- [0036] 제동토크 제어를 수행하는 경우, 상위제어부(10)는 차량의 제동을 위해 필요한 제동토크를 연산하여 제동토크지령을 제어부(100)로 출력한다.
- [0037] 반면, 배터리(20)의 전압, 전류 제어를 수행하는 경우, 상위제어부(10)는 배터리(20)를 충전하기 위해 필요한 정전압 및 정전류를 연산하여 정전압지령(Vdc\_ref) 및 정전류지령(Idc\_ref)을 제어부(100)로 출력한다.
- [0038] 본 실시예는 배터리(20)의 전압, 전류 제어에 관한 것이므로, 상위제어부(10)가 정전압지령(Vdc\_ref) 및 정전류지령(Idc\_ref)을 제어부(100)로 출력하는 경우에 초점을 맞추어 설명을 진행한다.



- [0039] 도 1을 참조하면, 차량의 제동시 모터(50)에서는 역기전력이 발생하고, 역기전력에 의한 회생 전력이 인버터(30)를 통해 배터리(20)로 공급된다. 이때, 모터(50)는 매입형 영구자석 동기전동기(Interior Permanent Magnet Synchronous Motor, IPMSM)일 수 있다.
- [0040] 전압검출부(40)는 모터(50)로부터 인버터(30)를 통해 배터리(20)로 회생되는 DC링크전압(Vdc)을 측정하여 제어부(100)로 출력한다.
- [0041] 또한, 전류센서(60)는 인버터(30)로부터 모터(50)로 출력되는 3상전류(ia, ib, ic)를 측정하여 제어부(100)로 출력하고, 위치센서(70)는 모터(50)의 회전자위치( $\theta$ )를 검출하여 제어부(100)로 출력한다.
- [0042] 제어부(100)는 상위제어부(10)로부터 정전압지령(Vdc\_ref) 및 정전류지령(Idc\_ref)이 입력되면, 전압검출부(40)로부터 DC링크전압(Vdc)을 입력받아 DC링크전류지령(Idc\*) 및 필요전력(P\*)을 연산한다.
- [0043] 이어서, 제어부(100)는 필요전력(P\*)을 모터(50)의 출력전력( $P^{\wedge}$ )과 비교하여 토크지령(Te\*)을 연산하며, 토크지령(Te\*)에 따라 인버터(30)를 제어하여 모터(50)로부터 배터리(20)로 회생되는 DC링크전압(Vdc) 및 DC링크전류(Idc)를 제어한다.
- [0044] 다시 말해, 본 발명의 실시예에 따른 제어부(100)는 DC링크전압(Vdc)의 측정값으로부터 DC링크전류지령(Idc\*)를 생성하여 DC링크전압(Vdc) 및 DC링크전류(Idc)를 제어할 수 있다.
- [0045] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 제어부(100)는 DC링크전압(Vdc) 및 DC링크전류지령(Idc\*)으로부터 필요전력(P\*)을 연산하고, 모터의 출력전력( $P^{\wedge}$ )과 비교하여 토크지령(Te\*)을 생성할 수 있다.
- [0046] 도 2에 도시된 바와 같이, 제어부(100)는 전압전류 제어모듈(110), 전력 제어모듈(120), 토크 연산모듈(130), 토크 제어모듈(140) 및 벡터 제어모듈(150)을 포함한다. 이하, 도 2 내지 도 8을 참조하여, 제어부(100)의 세부 동작에 대해 상세히 설명한다.
- [0047] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치와 관련하여 전압전류 제어모듈의 동작을 설명하기 위한 제어블록도이다. 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치와 관련하여 시간의 흐름에 따른 배터리의 전류 및 전압 변화를 도시한 그래프이다.
- [0048] 도 3을 참조하면, 먼저 전압전류 제어모듈(110)은 상위제어부(10)로부터 정전압지령(Vdc\_ref) 및 정전류지령(Idc\_ref)이 입력되면, 전압검출부(40)로부터 DC링크전압(Vdc)을 입력받아 DC링크전류지령(Idc\*)을 생성하고, 이를 전력 제어모듈(120)로 전달한다.
- [0049] 구체적으로, 전압전류 제어모듈(110)은 정전압지령(Vdc\_ref)과 DC링크전압(Vdc)의 차이가 감소되도록 비례적분(Proportional Integral, PI)제어를 수행하여 DC링크전류지령(Idc\*)을 생성한다.
- [0050] 도 4를 참조하면, 전압전류 제어모듈(110)은 정전압지령(Vdc\_ref)과 DC링크전압(Vdc)의 차이가 큰 초기 동작시 DC링크전류지령(Idc\*)이 비례적분제어에 의해 포화되는 현상을 이용하여 정전류제어를 수행하며, DC링크전류지령(Idc\*)은 정전류지령(Idc\_ref) 이하의 값으로 제한된다(t1 구간).
- [0051] 이후, 배터리(20)로 회생되는 전력이 증가하여 정전압지령(Vdc\_ref)과 DC링크전압(Vdc)의 차이가 작아지는 경우, 전압전류 제어모듈(110)은 정전압제어를 수행한다. 따라서, DC링크전류지령(Idc\*)은 점차로 감소한다(t2 구간).
- [0052] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치와 관련하여 전력 제어모듈의 동작을 설명하기 위한 제어블록도이다.
- [0053] 도 5를 참조하면, 먼저 전력 제어모듈(120)은 전술한 전압전류 제어모듈(110)로부터 입력되는 DC링크전류지령(Idc\*) 및 전압검출부(40)로부터 입력되는 DC링크전압(Vdc)에 기초하여 필요전력(P\*)을 연산한다.
- [0054] 이때, 전력 제어모듈(120)은 DC링크전류지령(Idc\*) 및 DC링크전압(Vdc)에 따른 제1 룩업테이블을 메모리부(80)로부터 참조하여 필요전력(P\*)을 연산할 수 있다.
- [0055] 여기서, 제1 룩업테이블은 DC링크전류지령(Idc\*) 및 DC링크전압(Vdc)에 따른 최적의 필요전력(P\*)을 실험적으로 측정하여 미리 테이블로 작성한 것으로, 메모리부(80)에 저장된다.

- [0056] 즉, 본 실시예는 DC링크전류( $I_{dc}$ )를 직접 측정하는 것이 아니라, 미리 측정된 데이터를 이용하여 DC링크전류( $I_{dc}$ )를 제어함으로써, 제어기의 동특성을 유지하면서 배터리(20)의 전압 및 전류를 제어할 수 있다.
- [0057] 한편, 전력 제어모듈(120)은 DC링크전류지령( $I_{dc}^*$ ) 및 DC링크전압( $V_{dc}$ )을 곱하여 필요전력( $P^*$ )을 연산할 수도 있다. 하지만, DC링크전압( $V_{dc}$ )에 의한 배터리(20)의 내부 임피던스 변동을 반영하기 위하여 실험적으로 작성된 제1 룩업테이블을 이용하여 필요전력( $P^*$ )을 연산하는 것이 바람직하다.
- [0058] 이어서, 전력 제어모듈(120)은 토크 연산모듈(130)로부터 입력되는 모터(50)의 출력토크( $T_e^{\wedge}$ ) 및 토크 제어모듈(140)로부터 입력되는 모터(50)의 자속( $\lambda_r$ )에 기초하여 모터(50)의 출력전력( $P^{\wedge}$ )을 연산한다.
- [0059] 이때, 전력 제어모듈(120)은 모터(50)의 출력토크( $T_e^{\wedge}$ ) 및 모터(50)의 자속( $\lambda_r$ )에 따른 제2 룩업테이블을 메모리부(80)로부터 참조하여 모터(50)의 출력전력( $P^{\wedge}$ )을 연산할 수 있다.
- [0060] 여기서, 제2 룩업테이블은 모터(50)의 출력토크( $T_e^{\wedge}$ ) 및 모터(50)의 자속( $\lambda_r$ )에 따른 모터(50)의 출력전력( $P^{\wedge}$ )을 실험적으로 측정하여 미리 테이블로 작성한 것으로, 메모리부(80)에 저장된다.
- [0061] 한편, 모터(50)의 출력전력( $P^{\wedge}$ )은 모터(50)의 출력토크( $T_e^{\wedge}$ ) 및 모터(50)의 회전속도( $\omega_r$ )의 곱으로 표현될 수 있다. 하지만, DC링크전압( $V_{dc}$ )의 변동에 의한 모터(50)의 출력 오차 및 모터(50)의 파라미터 변동에 따른 역기 전력 크기 변동을 반영하기 위해 모터(50)의 출력토크( $T_e^{\wedge}$ ) 및 모터(50)의 자속( $\lambda_r$ )에 따른 제2 룩업테이블을 이용하여 모터(50)의 출력전력( $P^{\wedge}$ )을 연산하는 것이 바람직하다.
- [0062] 이후, 전력 제어모듈(120)은 필요전력( $P^*$ )과 모터(50)의 출력전력( $P^{\wedge}$ )의 차이가 감소하도록 비례적분제어를 수행하여 토크지령( $T_e^*$ )을 생성하고, 이를 토크 제어모듈(140)로 전달한다.
- [0063] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치와 관련하여 토크 연산모듈의 동작을 설명하기 위한 제어블록도이다.
- [0064] 도 6을 참조하면, 먼저 토크 연산모듈(130)은 벡터 제어모듈(150)로부터 입력되는 d축전류( $i_{rds}$ ) 및 q축전류( $i_{rqs}$ )로부터 모터(50)의 출력토크( $T_e^{\wedge}$ )를 연산한다.
- [0065] 이때, 토크 연산모듈(130)은 d축전류( $i_{rds}$ ) 및 q축전류( $i_{rqs}$ )에 따른 제3 룩업테이블을 메모리부(80)로부터 참조하여 모터(50)의 출력토크( $T_e^{\wedge}$ )를 연산할 수 있다.
- [0066] 여기서, 제3 룩업테이블은 d축전류( $i_{rds}$ ) 및 q축전류( $i_{rqs}$ )에 따른 모터(50)의 출력토크( $T_e^{\wedge}$ )를 실험적으로 측정하여 미리 테이블로 작성한 것으로, 메모리부(80)에 저장된다.
- [0067] 이와 같이 제3 룩업테이블을 참조하여 연산된 모터(50)의 출력토크( $T_e^{\wedge}$ )는 전술한 전력 제어모듈(120)로 출력되어 모터(50)의 출력전력( $P^{\wedge}$ )을 연산하는데 사용된다.
- [0068] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치와 관련하여 토크 제어모듈의 동작을 설명하기 위한 제어블록도이다.
- [0069] 도 7을 참조하면, 토크 제어모듈(140)은 벡터 제어모듈(150)로부터 입력되는 전압지령( $V_{rdqs}^*$ ) 및 모터(50)의 회전속도( $\omega_r$ )를 이용하여 모터(50)의 자속( $\lambda_r$ ) 및 전체자속( $\lambda_{max}$ )을 추정한다.
- [0070] 여기서, 토크 제어모듈(140)은 공간벡터전압변조(Space Vector PWM, SVPWM)의 최대선형 변조전압( $V_{dc}/\sqrt{3}$ )을 모터(50)의 회전속도( $\omega_r$ )로 나누어 전체자속( $\lambda_{max}$ )을 연산한다.
- [0071] 또한, 토크 제어모듈(140)은 전압지령( $V_{rdqs}^*$ )의 크기를 공간벡터전압변조의 최대선형 변조전압( $V_{dc}/\sqrt{3}$ )과 비교하여 그 차이가 감소하도록 비례적분제어를 수행하고, 이를 모터(50)의 회전속도( $\omega_r$ )로 나누어 모터(50)의 자속( $\lambda_r$ )을 연산한다.
- [0072] 한편, 토크 제어모듈(140)은 모터(50)의 자속( $\lambda_r$ ) 및 전력 제어모듈(120)로부터 입력되는 토크지령( $T_e^*$ )에 기초하여 d축전류지령( $i_{rds}^*$ ) 및 q축전류지령( $i_{rqs}^*$ )을 생성하여 벡터 제어모듈(150)로 출력한다. 이때, 전력 제어모듈(120)로부터 입력되는 토크지령( $T_e^*$ )은 전체자속( $\lambda_{max}$ )으로부터 연산되는 토크제한값( $T_{limit}$ )에 의해 제



한된다.

- [0073] 여기서, 토크제한값(Tlimit)은 모터(50)의 회전속도( $\omega_r$ ) 및 DC링크전압(Vdc)에 대한 모터(50)의 최대출력을 나타낸다.
- [0074] 또한, 토크 제어모듈(140)은 모터(50)의 자속( $\lambda_r$ ) 및 토크지령(Te\*)에 따른 제5 룩업테이블을 메모리부(80)로부터 참조하여 d축전류지령(ir<sub>ds</sub>\*) 및 q축전류지령(ir<sub>qs</sub>\*)을 연산할 수 있다.
- [0075] 여기서, 제5 룩업테이블은 모터(50)의 자속( $\lambda_r$ ) 및 토크지령(Te\*)에 따른 d축전류지령(ir<sub>ds</sub>\*) 및 q축전류지령(ir<sub>qs</sub>\*)을 각각 실험적으로 측정하여 미리 2차원 테이블로 작성한 것으로, 메모리부(80)에 저장된다.
- [0076] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 장치와 관련하여 벡터 제어모듈의 동작을 설명하기 위한 제어블록도이다.
- [0077] 도 8을 참조하면, 먼저 벡터 제어모듈(150)은 위치센서(70)로부터 입력되는 모터(50)의 회전자위치( $\theta$ )를 이용하여 전류센서(60)로부터 입력되는 3상전류(i<sub>a</sub>, i<sub>b</sub>, i<sub>c</sub>)를 d축전류(ir<sub>ds</sub>) 및 q축전류(i<sub>qds</sub>)로 변환한다.
- [0078] 이후, 벡터 제어모듈(150)은 토크 제어모듈(140)로부터 입력되는 d축전류지령(ir<sub>ds</sub>\*)과 d축전류(ir<sub>ds</sub>)의 차이 및 q축전류지령(ir<sub>qs</sub>\*)과 q축전류(i<sub>qds</sub>)의 차이가 감소하도록 비례적분제어를 수행하여 d축전압지령(Vr<sub>ds</sub>\*) 및 q축전압지령(Vr<sub>qs</sub>\*)을 각각 생성한다.
- [0079] 다음으로, 벡터 제어모듈(150)은 위치센서(70)로부터 입력되는 모터(50)의 회전자위치( $\theta$ )를 이용하여 d축전압지령(Vr<sub>ds</sub>\*) 및 q축전압지령(Vr<sub>qs</sub>\*)을 3상전압지령(V<sub>as</sub>\*, V<sub>bs</sub>\*, V<sub>cs</sub>\*)으로 변환한다.
- [0080] 그리고 나서, 벡터 제어모듈(150)은 3상전압지령(V<sub>as</sub>\*, V<sub>bs</sub>\*, V<sub>cs</sub>\*)을 공간벡터전압변조(SVPWM) 방식으로 변조하여 인버터(30)로 출력한다.
- [0081] 한편, 벡터 제어모듈(150)은 위치센서(70)로부터 입력되는 모터(50)의 회전자위치( $\theta$ )를 미분하여 모터(50)의 회전속도( $\omega_r$ )를 연산하여 토크 제어모듈(140)로 출력한다.
- [0082] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 방법의 동작을 도시한 순서도이다.
- [0083] 도 9에 도시된 바와 같이, 먼저 제어부(100)는 상위제어부(10)로부터 정전압지령(V<sub>dc\_ref</sub>) 및 정전류지령(I<sub>dc\_ref</sub>)이 입력되는지 확인한다(S11).
- [0084] 만약, 상위제어부(10)로부터 정전압지령(V<sub>dc\_ref</sub>) 및 정전류지령(I<sub>dc\_ref</sub>)이 입력되면, 제어부(100)는 전압검출부(40)로부터 DC링크전압(V<sub>dc</sub>)을 입력받는다(S12).
- [0085] 그리고 나서, 제어부(100)는 정전압지령(V<sub>dc\_ref</sub>), 정전류지령(I<sub>dc\_ref</sub>) 및 DC링크전압(V<sub>dc</sub>)에 기초하여 DC링크전류지령(I<sub>dc</sub>\*)을 생성한다(S13).
- [0086] 그 다음으로, 제어부(100)는 DC링크전류지령(I<sub>dc</sub>\*) 및 DC링크전압(V<sub>dc</sub>)에 기초하여 필요전력(P\*)을 연산한다(S14). 이때, 제어부(100)는 DC링크전류지령(I<sub>dc</sub>\*) 및 DC링크전압(V<sub>dc</sub>)에 따른 제1 룩업테이블을 메모리부(80)로부터 참조하여 필요전력(P\*)을 연산할 수 있다.
- [0087] 이어서, 제어부(100)는 전압지령(Vr<sub>dqs</sub>\*) 및 모터(50)의 회전속도( $\omega_r$ )를 이용하여 모터(50)의 자속( $\lambda_r$ )을 추정한다(S15)
- [0088] 이때, 제어부(100)는 전압지령(Vr<sub>dqs</sub>\*)의 크기를 공간벡터전압변조의 최대선형 변조전압( $V_{dc}/\sqrt{3}$ )과 비교하여 그 차이가 감소하도록 비례적분제어를 수행하고, 이를 모터(50)의 회전속도( $\omega_r$ )로 나누어 모터(50)의 자속( $\lambda_r$ )을 연산할 수 있다.
- [0089] 그리고 나서, 제어부(100)는 d축전류(ir<sub>ds</sub>) 및 q축전류(ir<sub>qs</sub>)에 따른 제3 룩업테이블을 메모리부(80)로부터 참조하여 모터(50)의 출력토크(Te<sup>^</sup>)를 연산한다(S16).
- [0090] 제어부(100)는 모터(50)의 출력토크(Te<sup>^</sup>) 및 모터(50)의 자속( $\lambda_r$ )에 기초하여 모터(50)의 출력전력(P<sup>^</sup>)을 연산한다(S17).

- [0091] 이때, 제어부(100)는 모터(50)의 출력토크( $T_e^{\wedge}$ ) 및 모터(50)의 자속( $\lambda_r$ )에 따른 제2 룩업테이블을 메모리부(80)로부터 참조하여 모터(50)의 출력전력( $P^{\wedge}$ )을 연산할 수 있다.
- [0092] 이와 같이, 필요전력( $P^*$ )과 모터(50)의 출력전력( $P^{\wedge}$ )을 연산한 후, 제어부(100)는 필요전력( $P^*$ )과 모터(50)의 출력전력( $P^{\wedge}$ )의 차이가 감소하도록 비례적분제어를 수행하여 토크지령( $T_e^*$ )을 생성한다(S18)
- [0093] 그리고, 제어부(100)는 이러한 토크지령( $T_e^*$ )에 기초하여 인버터(30)를 구동한다(S19).
- [0094] 도 10과 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 차량의 회생 에너지 제어 방법에 대한 시뮬레이션 결과를 도시한 그래프이다.
- [0095] 도 10을 참조하면, 배터리의 DC링크전류( $I_{dc}$ )가 0.01초의 제어 동특성에 대한 이득값에 대해서도 안정적으로 제어되고 있음을 확인할 수 있다.
- [0096] 또한, 도 11을 참조하면, 최대 속도인 1500rpm에서도 정전압, 정전류 제어가 안정적으로 수행됨을 확인할 수 있다.
- [0097] 이와 같이, 본 발명의 실시예에 따르면, DC-DC 컨버터를 사용하지 않고 인버터만으로 배터리에 회생되는 전압 및 전류를 제어할 수 있으므로, 에너지 효율을 높일 수 있고, 부피 및 무게를 감소시킬 수 있다.
- [0098] 또한, 측정된 DC링크전류를 사용하는 대신에 미리 작성된 룩업테이블을 이용하기 때문에, 제어기의 동특성을 유지하면서 배터리의 전압 및 전류를 제어할 수 있다.
- [0099] 또한, 가변 DC링크전압 환경을 반영하기 때문에, 제어 성능을 향상시킬 수 있다.

[0100] 본 실시예에서 사용되는 '~부'라는 용어는 소프트웨어 또는 FPGA(field-programmable gate array) 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, '~부'는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 '~부'는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '~부'는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '~부'는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들, 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 '~부'들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '~부'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '~부'들로 더 분리될 수 있다. 뿐만 아니라, 구성요소들 및 '~부'들은 디바이스 또는 보안 멀티미디어카드 내의 하나 또는 그 이상의 CPU들을 재생시키도록 구현될 수도 있다.

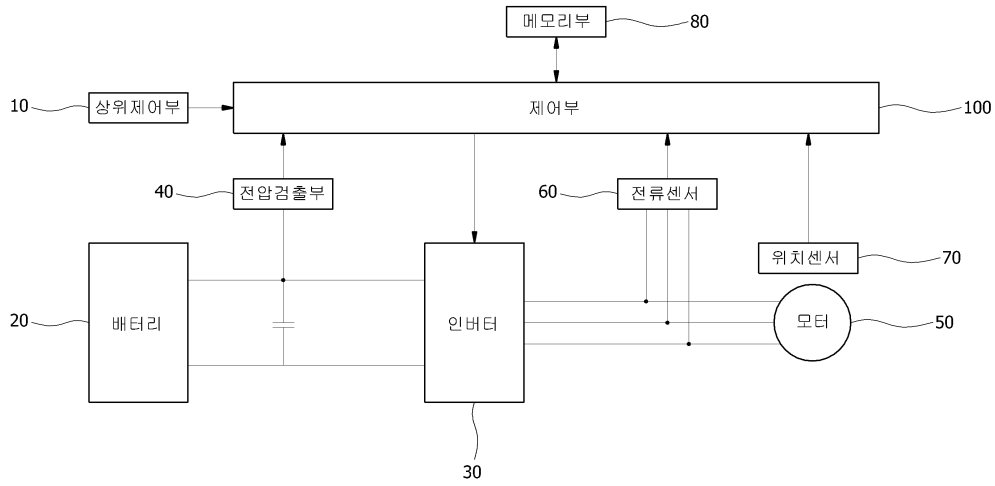
[0101] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

**부호의 설명**

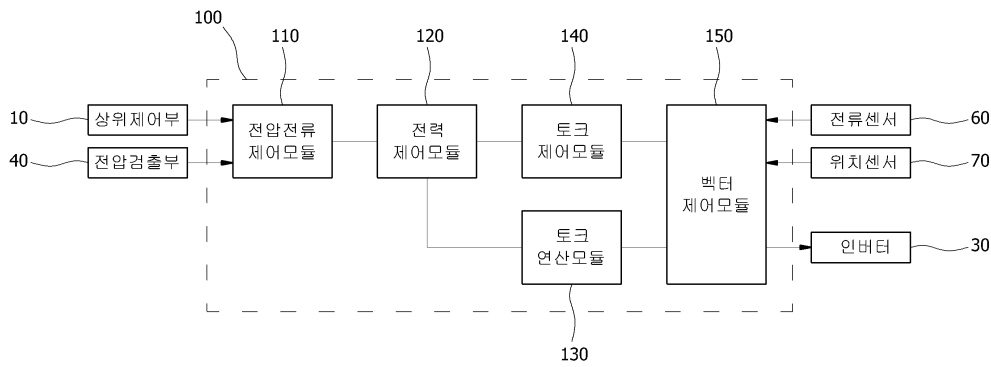
- [0102]
- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| 10 : 상위제어부    | 20 : 배터리        |
| 30 : 인버터      | 40 : 전압검출부      |
| 50 : 모터       | 60 : 전류센서       |
| 70 : 위치센서     | 80 : 메모리부       |
| 100 : 제어부     | 110 : 전압전류 제어모듈 |
| 120 : 전력 제어모듈 | 130 : 토크 연산모듈   |
| 140 : 토크 제어모듈 | 150 : 벡터 제어모듈   |

도면

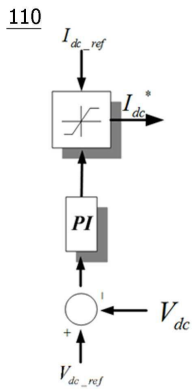
도면1



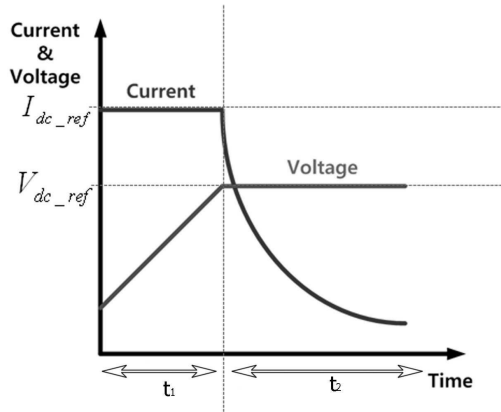
도면2



도면3

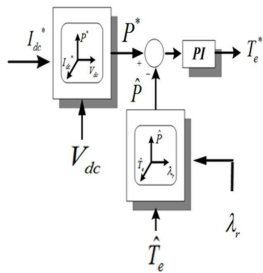


도면4



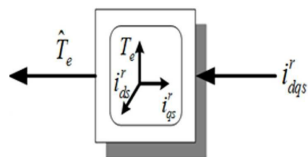
도면5

120



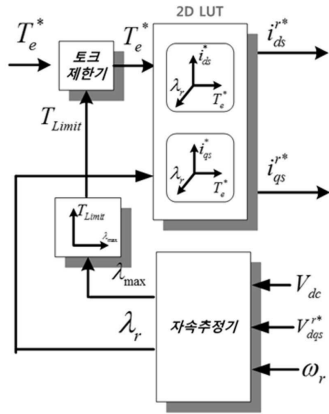
도면6

130



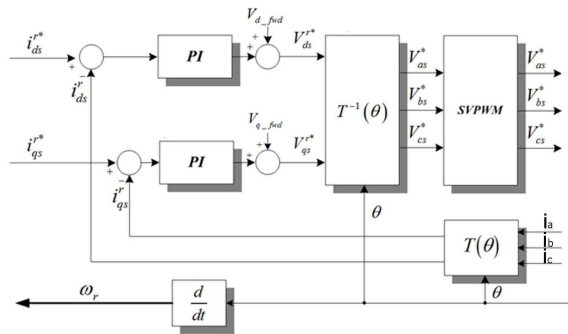
도면7

140

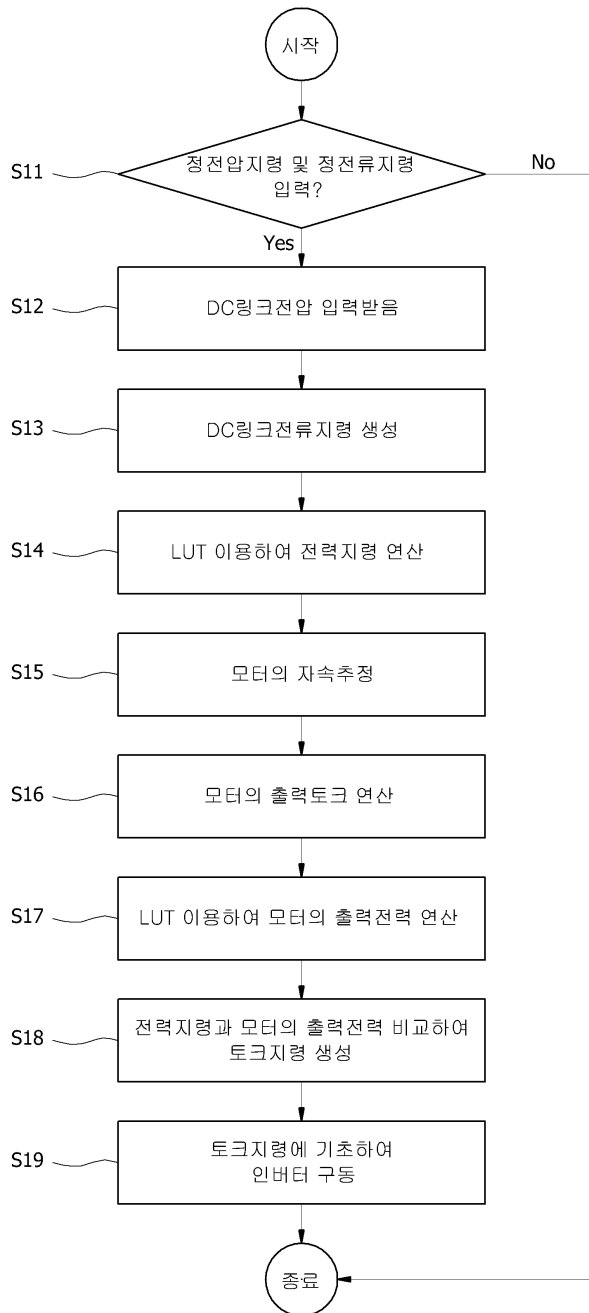


도면8

150

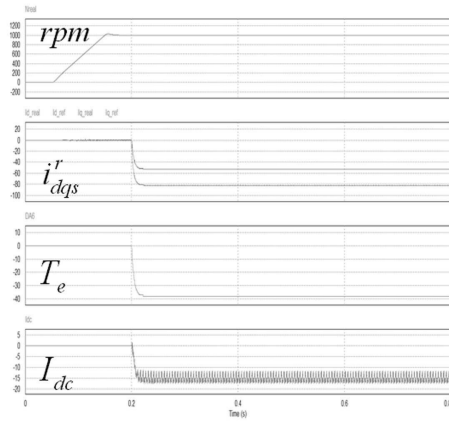


도면9





도면10



도면11

