



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년01월06일  
(11) 등록번호 10-2062985  
(24) 등록일자 2019년12월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02M 1/14 (2006.01) B60L 50/50 (2019.01)  
H02J 7/34 (2006.01) H02M 1/08 (2006.01)  
H02M 3/155 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H02M 1/14 (2013.01)  
B60L 50/51 (2019.02)  
(21) 출원번호 10-2018-0067859  
(22) 출원일자 2018년06월14일  
심사청구일자 2018년06월14일  
(65) 공개번호 10-2019-0141299  
(43) 공개일자 2019년12월24일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020110027927 A\*  
Khairy F.A. Sayed et al., Interleaved ZCS boost DC-DC converters with coupled inductor using active edge resonant switch blocks for PV interface, 2009 ICEMS paper(2010.1.15)  
JP2009005579 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한국교통대학교산학협력단  
충청북도 충주시 대소원면 대학로 50  
(72) 발명자  
정노건  
경기도 수원시 권선구 수성로 47, 3동 811호 (구 운동, 삼환아파트)  
김재문  
경기도 수원시 장안구 만석로 29, 713동 2203호 (천천동, 현대성우우방아파트)  
(74) 대리인  
김종선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 9 항

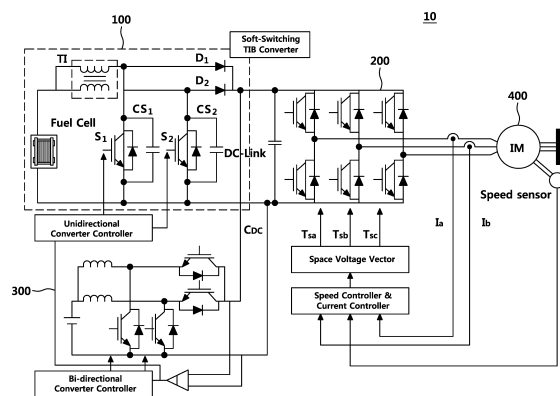
심사관 : 광인구

(54) 발명의 명칭 연료전지 철도차량용 소프트 스위칭 TIB 컨버터 및 이를 포함하는 연료전지-배터리 하이브리드 시스템

(57) 요약

본 발명의 소프트 스위칭 TIB 컨버터는 각 상에 흐르는 입력신호의 리플전류를 감소시키는 변압기형 인덕터와, 상기 변압기형 인덕터에 연결되어 제로 전류 턴-오프 동작을 수행하는 스위치부와, 상기 스위치부의 스위칭 동작에 의해 출력 전압을 제공하는 출력 커패시터를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

*B60L 53/20* (2019.02)

*B60L 58/40* (2019.02)

*H02J 7/34* (2013.01)

*H02M 1/083* (2013.01)

*H02M 3/155* (2013.01)

*H02M 7/00* (2013.01)

*B60L 2210/14* (2013.01)

*Y02B 70/1491* (2013.01)

공지예외적용 : 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

연료전지 철도차량용 컨버터이고,

각 상에 흐르는 입력신호의 리플전류를 감소시키는 변압기형 인덕터;

상기 변압기형 인덕터에 연결되어 제로 전류 턴-오프 동작을 수행하는 스위치부; 및

상기 스위치부의 스위칭 동작에 의해 출력 전압을 제공하는 출력 커패시터를 포함하며,

상기 변압기형 인덕터의 각 상에 흐르는 전류와 상기 출력 전압을 이용하여 상기 스위치부의 턴-온 또는 턴-오프를 제어하는 소프트 스위칭 TIB 컨버터.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 변압기형 인덕터는,

입력전원의 (+)단자와 제1 노드 사이에 연결된 1차측 코일과, 상기 입력전원의 (+)단자와 제2 노드 사이에 연결된 2차측 코일을 포함하는 것을 특징으로 하는 소프트 스위칭 TIB 컨버터.

#### 청구항 3

제2항에 있어서, 상기 스위치부는,

상기 제1 노드와 상기 입력 전원의 (-)단자 사이에 연결된 제1 스위치부; 및

상기 제2 노드와 상기 입력 전원의 (-)단자 사이에 연결된 제2 스위치부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 소프트 스위칭 TIB 컨버터.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 스위치부는 각각이 서로 병렬로 연결된 제1 스위치, 제1 다이오드, 및 제1 커패시터를 포함하고,

상기 제2 스위치부는 각각이 서로 병렬로 연결된 제2 스위치, 제2 다이오드, 및 제2커패시터를 포함하는 것을 특징으로 하는 소프트 스위칭 TIB 컨버터.

#### 청구항 5

제3항에 있어서,

상기 제1 노드와 제3 노드 사이에 연결된 제1 다이오드; 및

상기 제2 노드와 상기 제3 노드 사이에 연결된 제2 다이오드;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 소프트 스위칭 TIB 컨버터.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 출력 커패시터는 상기 제3 노드와 상기 입력 전원의 (-)단자 사이에 연결되는 것을 특징으로 하는 소프트 스위칭 TIB 컨버터.

#### 청구항 7

삭제

**청구항 8**

연료전지;

상기 연료전지로부터 DC 전압을 공급받아서 출력 전압을 제공하는 소프트 스위칭 TIB 컨버터; 및

상기 출력 전압을 이용하여 모터를 제어하는 인버터;를 포함하고,

상기 소프트 스위칭 TIB 컨버터는 연료전지 철도차량용 컨버터이며,

각 상에 흐르는 입력신호의 리플전류를 감소시키는 변압기형 인덕터; 및

상기 변압기형 인덕터에 연결되어 제로 전류 턴-오프 동작을 수행하는 스위치부를 포함하되, 상기 변압기형 인덕터의 각 상에 흐르는 전류와 상기 출력 전압을 이용하여 상기 스위치부의 턴-온 또는 턴-오프를 제어하고,

상기 스위치부는 각각이 서로 병렬로 연결된 제1 스위치, 제1 다이오드, 및 제1 커패시터를 포함하는 제1 스위치부와, 각각이 서로 병렬로 연결된 제2 스위치, 제2 다이오드, 및 제2커패시터를 포함하는 제2 스위치부를 포함하는 것을 특징으로 하는 연료전지-배터리 하이브리드 시스템.

**청구항 9**

제8항에 있어서,

상기 소프트 스위칭 TIB 컨버터와 상기 인버터 사이에 연결되고, 상기 제1 커패시터보다 큰 용량을 가지는 커패시터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 연료전지-배터리 하이브리드 시스템.

**청구항 10**

제8항에 있어서,

상기 모터가 정방향으로 회전할 때, 배터리로부터 상기 모터로 전력을 보조적으로 공급하는 양방향 컨버터를 더 포함하고,

상기 모터가 역방향으로 회전할 때, 상기 모터로부터 생성된 전력을 상기 배터리로 충전하는 것을 특징으로 하는 연료전지-배터리 하이브리드 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 소프트 스위칭 TIB 컨버터에 관한 것으로, 특히 연료전지 철도차량용 소프트 스위칭 TIB 컨버터 및 이를 포함하는 연료전지-배터리 하이브리드 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 현재 국내외로 철도기술이 발전하면서 타 산업분야의 요소기술과 접목하려는 시도가 계속하여 이루어지고 있다. 이와 같은 시도 중에서도 신재생에너지의 연구는 철도분야의 여러 방면에서 수행되고 있다. 화석연료 고갈과 환경오염의 심각성 및 기존 전력설비 노후 등의 문제를 해결하기 위하여 신재생에너지원의 개발에 관한 많은 연구가 진행되고 있다.

[0003] 특히, 전기 철도의 경우 수송효율이 높고 에너지 이용 효율을 증대할 수 있는 장점을 극대화하고, 전차선로, 궤도 등의 시설물로 인한 초기 투자비용이 높은 단점을 보완하기 위하여 신재생에너지를 철도에 적용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그중에서도 연료전지는 다른 신재생에너지원에 비하여 효율이 높고 소음이 적으며 시스템 구축이 용이하여 철도차량의 동력으로 적합하다.

[0004] 그러나, 연료전지발전은 화학반응에 의한 분극 현상 때문에 발생하는 손실로 비선형적인 특성을 가지게 되며 저전압 출력특성을 갖는다. 이와 같은 특성 때문에 연료전지발전 시스템은 전압의 안정적인 공급을 위하여 승압형 컨버터가 요구된다.

[0005] 등록특허 제10-1377124호에는 별도의 클램프 없이도 스위치 소자가 제로 전류 턴-온/턴-오프될 수 있는 단일스위치 절연형 공진컨버터가 개시되어 있다. 그러나, 상기 선행기술문헌은 대용량인 철도차량을 제어하기 위한 컨

버터 온-오프시 스위치에 흐르는 전류 스트레스가 크며 제어 시 입력측 리플 또한 크기 때문에 연료전지발전 시스템 및 인덕터 등의 수명을 단축시키는 문제점이 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0006] (특허문헌 0001) 등록특허 제10-1377124호(2014.03.17)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 연료전지 철도차량용 소프트 스위칭 TIB 컨버터는 변압기형 인덕터를 이용하여 연료전지 출력에 적용하는 컨버터의 입력과 출력의 리플을 감소시키고, 주 스위칭 소자에 병렬로 커패시터를 연결하여 스위칭 소자의 손실을 감소시키는 것을 목적으로 한다.

[0008] 본 발명의 두번째 목적은 소프트 스위칭 TIB 컨버터를 포함하는 연료전지-배터리 하이브리드 시스템의 입력 전류 리플을 감소시킴으로써 부하로 전압을 안정적으로 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0009] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 소프트 스위칭 TIB 컨버터는 각 상에 흐르는 입력신호의 리플전류를 감소시키는 변압기형 인덕터와, 상기 변압기형 인덕터에 연결되어 제로 전류 턴-오프 동작을 수행하는 스위치부와, 상기 스위치부의 스위칭 동작에 의해 출력 전압을 제공하는 출력 커패시터를 포함한다.

[0010] 상기 변압기형 인덕터는, 입력전원의 (+)단자와 제1 노드 사이에 연결된 1차측 코일과, 상기 입력전원의 (+)단자와 제2 노드 사이에 연결된 2차측 코일을 포함한다.

[0011] 상기 스위치부는, 상기 제1 노드와 상기 입력 전원의 (-)단자 사이에 연결된 제1 스위치부와, 상기 제2 노드와 상기 입력 전원의 (-)단자 사이에 연결된 제2 스위치부를 포함한다.

[0012] 상기 제1 스위치부는 각각이 서로 병렬로 연결된 제1 스위치, 제1 다이오드, 및 제1 커패시터를 포함하고, 상기 제2 스위치부는 각각이 서로 병렬로 연결된 제2 스위치, 제2 다이오드, 및 제2커패시터를 포함한다.

[0013] 상기 소프트 스위칭 TIB 컨버터는 상기 제1 노드와 제3 노드 사이에 연결된 제1 다이오드와, 상기 제2 노드와 상기 제3 노드 사이에 연결된 제2 다이오드를 더 포함한다.

[0014] 상기 출력 커패시터는 상기 제3 노드와 상기 입력 전원의 (-)단자 사이에 연결된다.

[0015] 상기 소프트 스위칭 TIB 컨버터는 상기 변압기형 인덕의 각 상에 흐르는 전류와 상기 출력 전압을 이용하여 상기 스위치부의 턴-온 또는 턴-오프를 제어한다.

[0016] 상기 두번째 목적을 달성하기 위한 본 발명의 연료전지-배터리 하이브리드 시스템은 연료전지와, 상기 연료전지로부터 DC 전압을 공급받아서 출력 전압을 제공하는 소프트 스위칭 TIB 컨버터와, 상기 출력 전압을 이용하여 모터를 제어하는 인버터를 포함하고, 상기 소프트 스위칭 TIB 컨버터는, 각 상에 흐르는 입력신호의 리플전류를 감소시키는 변압기형 인덕터와, 상기 변압기형 인덕터에 연결되어 제로 전류 턴-오프 동작을 수행하는 스위치부를 포함하고, 상기 스위치부는 각각이 서로 병렬로 연결된 제1 스위치, 제1 다이오드, 및 제1 커패시터를 포함하는 제1 스위치부와, 각각이 서로 병렬로 연결된 제2 스위치, 제2 다이오드, 및 제2커패시터를 포함하는 제2 스위치부를 포함한다.

[0017] 상기 연료전지-배터리 하이브리드 시스템은 상기 소프트 스위칭 TIB 컨버터와 상기 인버터 사이에 연결되고, 상기 제1 커패시터보다 큰 용량을 가지는 커패시터를 더 포함한다.

[0018] 상기 연료전지-배터리 하이브리드 시스템은 상기 모터가 정방향으로 회전할 때, 배터리로부터 상기 모터로 전력을 보조적으로 공급하는 양방향 컨버터를 더 포함하고, 상기 모터가 역방향으로 회전할 때, 상기 모터로부터 생성된 전력을 상기 배터리로 충전한다.

**발명의 효과**

- [0019] 상기한 바와 같은 본 발명의 연료전지 철도차량용 소프트 스위칭 TIB 컨버터는 입력 인덕터를 변압기형 인덕터로 구현함으로써 입력전류 리플을 저감할 수 있고, 그에 따른 출력전압 리플을 저감할 수 있다.
- [0020] 또한, 스위칭 소자에 병렬로 커패시터를 연결하여 스위칭 소자에 흐르는 전류가 0일 때 턴-온하는 영전류 스위칭(ZCS) 방식으로 구현하는 소프트 스위칭 기법을 적용함으로써, 스위칭 소자에 인가되는 스트레스가 감소하고 스위칭 동작으로 인한 손실을 최소화시킴으로써 컨버터 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0021] 또한, 상기한 바와 같은 본 발명의 연료전지-배터리 하이브리드 시스템은 소프트 스위칭 TIB 컨버터를 포함함으로써 부하로 전압을 안정적으로 제공할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0022] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.
  - 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 연료전지-배터리 하이브리드 시스템을 나타낸다.
  - 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 소프트 스위칭 TIB 컨버터를 나타내는 회로도이다.
  - 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 소프트 스위칭 방식의 TIB 컨버터 제어방식을 나타낸다.
  - 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 리플저감 모드를 설명하기 위한 그래프이다.
  - 도 5는 TIB 컨버터의 등가회로를 나타낸다.
  - 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 소프트 스위칭 모드를 설명하기 위한 그래프이다.
  - 도 7은 TIB 컨버터의 회로를 나타낸다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0023] 본 발명의 실시 예에 따른 소프트 스위칭 TIB 컨버터는 가장 기본적인 형태의 승압형 컨버터를 2상으로 제어하는 인터리브드 방식을 실시 예로써 기재하였으나, 본 발명의 기술적 사상이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0024] 특히 본 발명의 소프트 스위칭 TIB 컨버터는 입력 인덕터가 변압기형 인덕터(transformer inductor(TI))로 구현되고, 각각의 상은 A, B 상으로 구분된다.
- [0026] 이하에서는 본 발명에 따른 실시예 및 도면을 참조하여, 본 발명을 더욱 상술한다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 연료전지-배터리 하이브리드 시스템을 나타낸다. 도 1을 참조하면, 연료전지-배터리 하이브리드 시스템(10)은 소프트 스위칭 TIB 컨버터(100), 인버터(200), 양방향 컨버터(300), 및 인덕션 모터(induction motor(IM))를 포함한다.
- [0029] 인덕션 모터(IM)가 정방향으로 회전할 때, 소프트 스위칭 TIB 컨버터(100)는 연료전지(fuel cell)로부터 DC 전압을 공급받아서 인덕션 모터(IM)로 안정적인 전압을 공급하고, 배터리가 연결된 양방향 컨버터(300)는 인덕션 모터(IM)로 전력을 보조적으로 공급하는 역할을 한다.
- [0030] 인덕션 모터(IM)가 역방향으로 회전할 때, 인덕션 모터(IM)는 전력을 발생시키고, 발생된 전력은 양방향 컨버터(300)를 통해 배터리로 충전된다.
- [0031] 본 발명의 실시 예에 따른 소프트 스위칭 TIB 컨버터(100)는 입력 인덕터를 변압기형 인덕터(transformer inductor(TI))로 구현함으로써 소프트 스위칭 TIB 컨버터(100)의 입력전류 리플을 감소시킬 수 있고, 이에 따라 연료 전지의 수명을 증가시킬 수 있는 효과가 있다. 또한, 소프트 스위칭 TIB 컨버터(100)의 출력전류 리플이 감소하여 시스템이 안정화되고, 각 소자의 수명이 상승하는 효과가 있다.
- [0032] 또한, 소프트 스위칭 TIB 컨버터(100)의 각 스위치부에는 스위칭 소자( $S_1$ ,  $S_2$ )에 병렬로 스버너형 커패시터( $C_{S1}$ ,  $C_{S2}$ )를 연결함으로써 하드 스위칭을 할 때에 비해 스위칭 소자에 인가되는 스트레스를 감소시킬 수 있다. 또한, 스위칭 동작으로 인한 손실을 최소화할 수 있고, 이에 따라 소프트 스위칭 TIB 컨버터(100)의 효율을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

- [0033] 또한, 인버터(200)의 입력전압인 DC-Link에는 스너버형 커패시터에 비해 큰 용량의 커패시터( $C_{DC}$ )를 연결함으로써 컨버터의 출력전압의 리플을 줄여줄 수 있다.
- [0035] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 소프트 스위칭 TIB 컨버터를 나타내는 회로도이다. 도 2를 참조하면, 소프트 스위칭 TIB 컨버터(100)는 입력 전원(110), 변압기형 인덕터(120), 제1 스위치부(130), 제2 스위치부(140), 정류기(150), 및 출력 커패시터(160)를 포함할 수 있다.
- [0036] 입력 전원(110)은 직류 전압을 발생시키는 DC 전압원일 수 있다. 예컨대, DC 전압원은 연료 전지일 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0037] 변압기형 인덕터(120)는 입력 전원(110)의 (+)단자와 제1 노드(ND1) 사이에 연결된 1차측 코일과, 입력 전원(110)의 (+)단자와 제2 노드(ND2) 사이에 연결된 2차측 코일을 포함한다.
- [0038] 본 발명의 실시 예에 따른 소프트 스위칭 TIB 컨버터(100)는 입력 인덕터를 변압기형 인덕터(transformer inductor(TI))로 구현함으로써 소프트 스위칭 TIB 컨버터(100) 상의 전류의 리플을 감소시킬 수 있다. 이에 대해서는 도 4와 도 5를 참조하여 상세히 설명될 것이다.
- [0039] 제1 스위치부(130)는 제1 노드(ND1)와 입력 전원(110)의 (-)단자 사이에 연결되고, 제2 스위치부(140)는 제2 노드(ND2)와 입력 전원(110)의 (-)단자 사이에 연결된다.
- [0040] 제1 스위치부(130)는 각각이 서로 병렬로 연결된 제1 스위치(S1), 제1 다이오드, 및 제1 커패시터( $C_{R1}$ )를 포함하고, 제2 스위치부(140)는 각각이 서로 병렬로 연결된 제2 스위치(S2), 제2 다이오드, 및 제2 커패시터( $C_{R2}$ )를 포함한다.
- [0041] 제1 스위치(S1)와 제2 스위치(S2)는 절연 게이트 양극성 트랜지스터(insulated gate bipolar transistor(IGBT))로 구현될 수 있다. 제1 스위치와 제2 스위치(S2)는 소프트 스위칭 즉, 영전류 스위칭(ZCS) 턴-온을 위하여 스너버형 커패시터( $C_{R1}$ ,  $C_{R2}$ )가 구현된다. 이는 스위치에 흐르는 전류를 커패시터의 환류를 통하여 0으로 만들어 주는 역할을 한다.
- [0042] 따라서, 하드 스위칭을 할 때에 비해 스위칭 소자에 인가되는 스트레스를 감소시킬 수 있고, 스위칭 동작으로 인한 손실을 최소화할 수 있다. 이에 대해서는 도 6과 도 7을 참조하여 상세히 설명될 것이다.
- [0043] 정류기(150)는 제1 다이오드(D1),와 제2 다이오드(D2)를 포함할 수 있다. 제1 다이오드(D1)는 제1 노드(ND1)와 제3 노드(ND3) 사이에 연결되고, 제2 다이오드(D2)는 제2 노드(ND2)와 제3 노드(ND3) 사이에 연결된다.
- [0044] 출력 커패시터(160)는 제3 노드(ND3)와 입력 전원(110)의 (-)단자 사이에 연결된다. 스너버형 커패시터에 비해 큰 용량의 커패시터( $C_{DC}$ )를 출력 커패시터로 연결함으로써, 인버터(200)로 입력될 컨버터의 출력전압의 리플을 줄여줄 수 있다.
- [0046] 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 소프트 스위칭 방식의 TIB 컨버터 제어방식을 나타낸다. 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 소프트 스위칭 방식의 TIB 컨버터 제어방식은 기준 전압( $V_{ref}$ )과 실제 출력 전압( $V_{OUT}$ )의 차이를 줄이는 PI 전압 제어기를 상위제어로 시작하여 인덕터 각 상(A, B)의 전류( $I_{L1}$ ,  $I_{L2}$ )의 PI 전류 제어기를 하위 제어로 사용한다.
- [0047] 먼저, 2상 다상 승압형 컨버터의 출력전압( $V_{OUT}$ )을 입력받아 기준 전압( $V_{ref}$ )와 비교를 하여 오차값을 생성한다(수학식 1).
- [0048] [수학식 1]
- [0049] 
$$V_e = V_{ref} - V_{OUT}$$
- [0051] 오차값은 PI 전압 제어기를 통하여 각 상에 필요한 전류 기준값( $I_{ref}$ )이 된다(수학식 2).
- [0052] [수학식 2]

$$I_{ref} = (K_{p+} \frac{K_i}{S}) V_s$$

[0053]

[0055]

이 때 전류 기준값( $I_{ref}$ )은 전체 전류 기준값이 되므로 각 컨버터의 전류 기준값을 만들기 위해  $1/N$  배 한 전류 기준값( $I_{ref1}$ ,  $I_{ref2}$ )을 생성한다. 따라서, PI 전류 제어기는 제어량이 같으므로, 인덕터의 A상과 B상에 흐르는 전류가 같게 된다. 전류 기준값( $I_{ref1}$ ,  $I_{ref2}$ )은 각 상(A, B)에서 검출된 전류( $I_{L1}$ ,  $I_{L2}$ )의 값과 비교하여 전류 오차값을 생성한다(수학식 3-1, 수학식 3-2).

[0056]

[수학식 3-1]

[0057]

$$I_{e1} = I_{ref} - I_{L1}$$

[0059]

[수학식 3-2]

[0060]

$$I_{e2} = I_{ref} - I_{L2}$$

[0062]

이 오차값은 PI 전류 제어기를 거친 후 톱니파와 함께 비교기를 통과하여 PWM 신호(PWM1, PWM2)를 발생한다. PWM 신호(PWM1, PWM2)는 제1 스위치(S1)와 제2 스위치(S2)의 턴-온 또는 턴-오프를 제어한다.

[0064]

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 리플저감 모드를 설명하기 위한 그래프이고, 도 5는 TIB 컨버터의 등가회로를 나타낸다. 도 4의 (a)를 참조하면, 2개의 입력 인덕터를 사용하는 IB 컨버터(Interleaved Boost Converter)와 본 발명의 실시 예에 따른 TIB 컨버터에서 A상에 흐르는 전류의 위상을 나타낸다. A상에 연결된 스위치(S1)가 턴-온 또는 턴-오프될 때마다, TIB 컨버터의 인덕터 상 전류의 리플이 IB 컨버터의 인덕터 상 전류의 리플보다 작은 것을 확인할 수 있다.

[0065]

도 4의 (b)는 TIB 컨버터에서 A상과 B상의 전류의 위상을 나타내고, 도 4의 (c)는 A상의 전류의 위상과 B상의 전류의 위상의 차이에 해당하는 자속전류( $I_{Lm}$ )를 나타낸다. 도 5에 도시된 바와 같이, 자속 전류( $I_{Lm}$ )가 0보다 클 때, 자속 전류( $I_{Lm}$ )는 정방향으로 흐르고, 자속 전류( $I_{Lm}$ )가 0보다 작을 때, 자속 전류( $I_{Lm}$ )는 역방향으로 흐른다.

[0066]

$t_2 \sim t_3$  구간에서 A상에 연결된 스위치(S1)가 온상태이고(도 4의 (d)) B상에 연결된 스위치(S2)가 오프상태일 때(도 4의 (e)), A상에 연결된 스위치(S1)가 온상태이므로 A상에 흐르는 전류는 증가해야 한다. 그러나, B상에 흐르는 전류가 급격히 감소함으로 인해서 생기는 자속전류( $I_{Lm}$ )가 A상에 흐르는 전류가 상승하는 것을 방해하므로, A상에 흐르는 전류는 감소하게 된다. 따라서, TIB 컨버터의 인덕터 상 전류의 리플을 감소시킬 수 있다.

[0068]

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 소프트 스위칭 모드를 설명하기 위한 그래프이고, 도 7은 TIB 컨버터의 회로를 나타낸다. 도 6과 도 7을 참조하면,  $t_0 \sim t_1$  구간에서 A상에 연결된 스위치(S1)가 온상태일 때(도 6의 (d)) 스위치(S1)에 흐르는 전류는 증가하고(도 6의 (a)), 스위치(S1)에 걸리는 전압은 0이고(도 6의 (b)), 커패시터( $C_{S1}$ )에 흐르는 전류는 0이다.

[0069]

이 후, A상에 연결된 스위치(S1)가 오프상태일 때(도 6의 (d)) 스위치(S1)에 흐르는 전류는 감소하고(도 6의 (a)), 스위치(S1)에 걸리는 전압은 증가하고(도 6의 (b)), 커패시터( $C_{S1}$ )에 흐르는 전류는 (-)값을 갖는다. 이는 도 7에 도시된 바와 같이, 커패시터( $C_{S1}$ )가 입력 전압( $V_{IN}$ )으로부터 충전되는 것을 의미한다.

[0070]

이 후, A상에 연결된 스위치(S1)가 온상태가 되는 시점에서( $t_1 \sim t_2$ ) 도 7에 도시된 바와 같이, 커패시터( $C_{S1}$ )가 방전되면서 A상에 연결된 스위치(S1)에는 전류가 흐르지 않게 된다. 따라서, 스위치(S1)가 온상태가 되는 시점에서( $t_1 \sim t_2$ ) 스위치(S1)에 흐르는 전류가 0가 되므로 스위칭 동작으로 인한 손실을 최소화 시킬 수 있고, 스위치(S1)의 스트레스를 감소시킬 수 있다.

[0072]

본 발명은 도면에 도시된 일 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

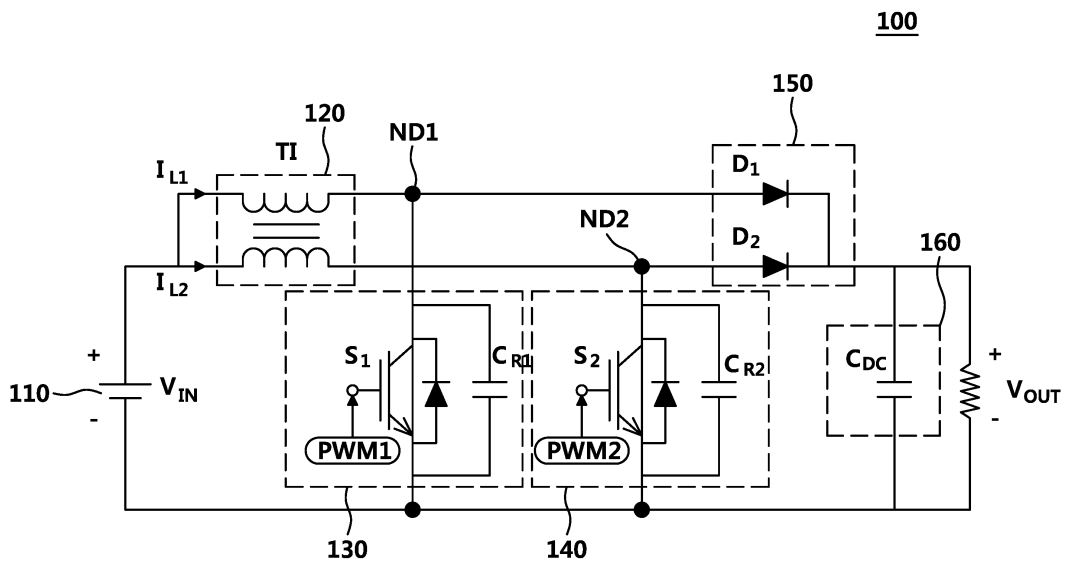
**부호의 설명**



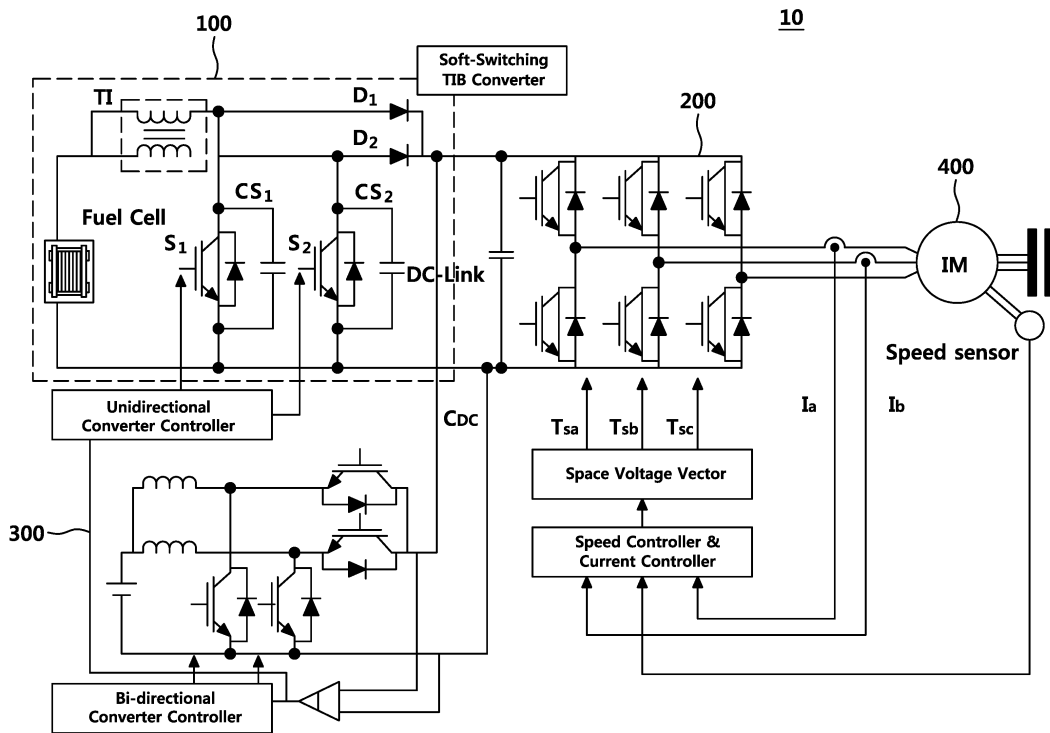
- [0073] 10; 연료전지-배터리 하이브리드 시스템
- 100; 소프트 스위칭 TIB 컨버터
- 110; 입력 전원
- 120; 변압기형 인덕터
- 130; 제1 스위치부
- 140; 제2 스위치부
- 150; 정류기
- 160; 출력 커패시터
- 200; 인버터
- 300; 양방향 컨버터
- IM; 인덕션 모터

도면

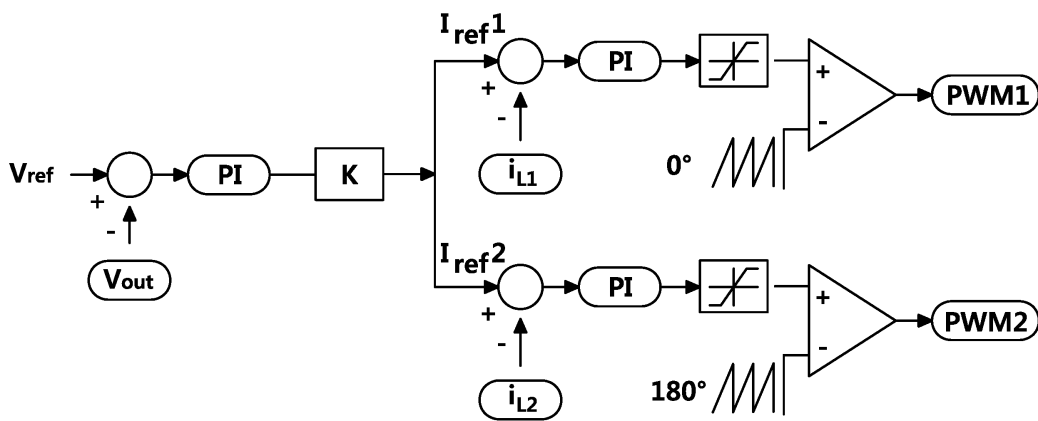
도면1



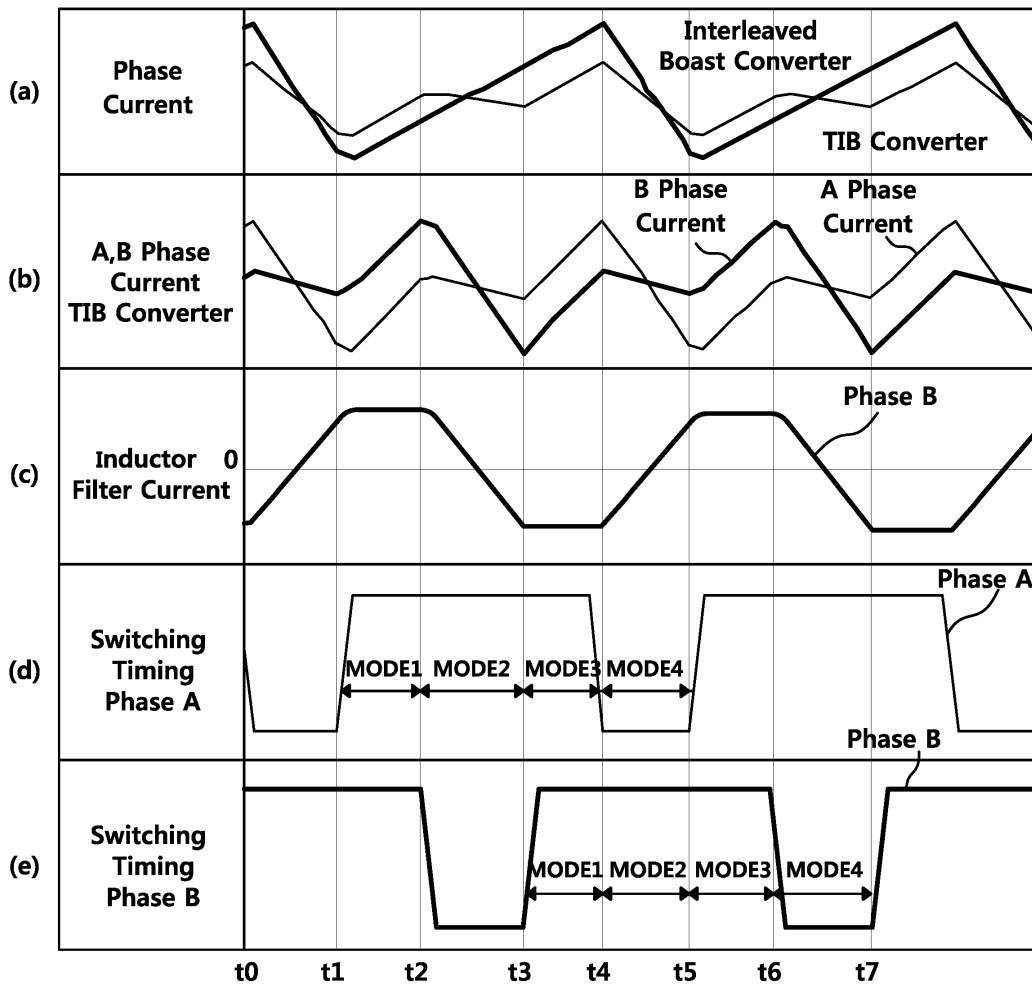
도면2



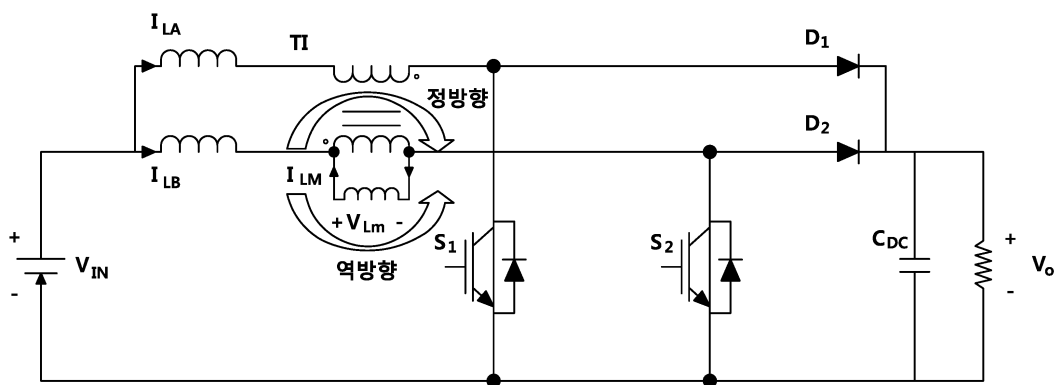
도면3



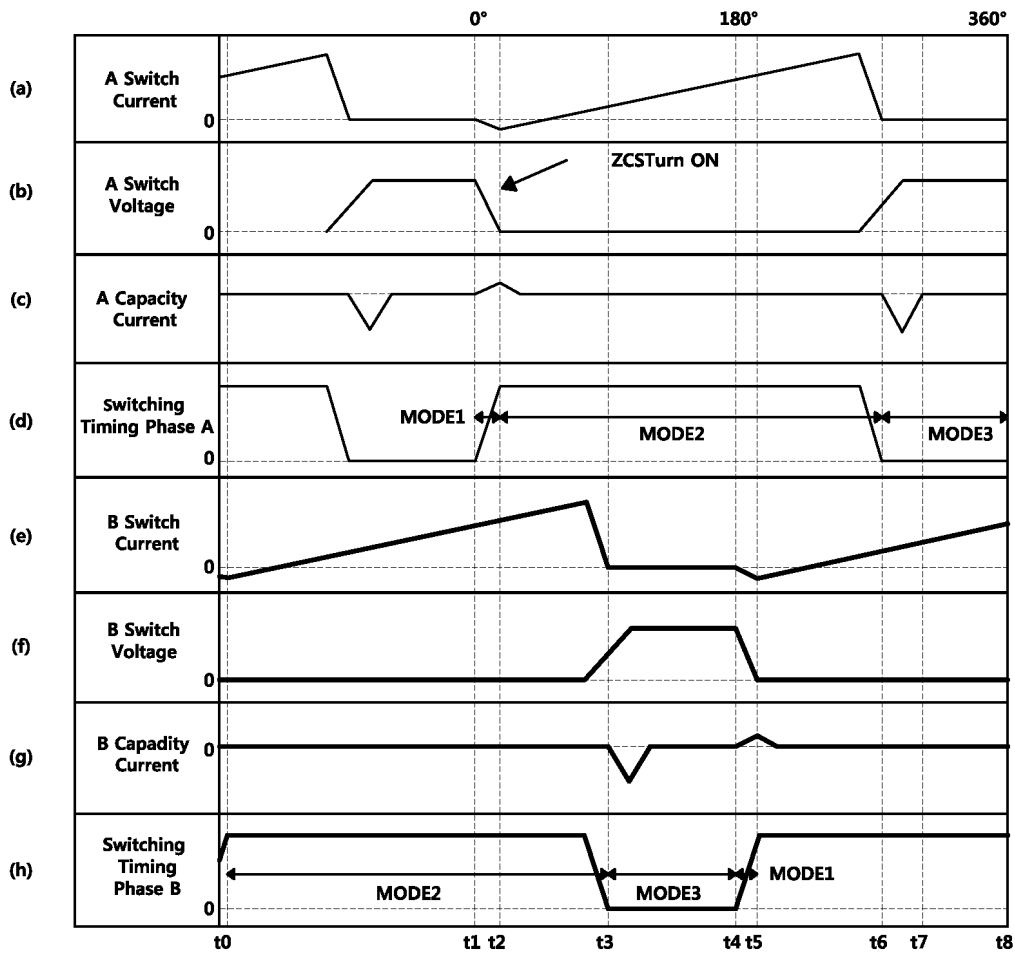
도면4



도면5



도면6



도면7

