



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0073344

(43) 공개일자 2015년07월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02J 17/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0160937

(22) 출원일자 2013년12월23일

심사청구일자 2013년12월23일

(71) 출원인

부경대학교 산학협력단

부산광역시 남구 신선로 365 (용당동, 부경대학교)

(72) 발명자

전성준

부산 해운대구 좌동순환로99번길 22, 103동 502호 (좌동, 경남아너스빌)

(74) 대리인

이철희

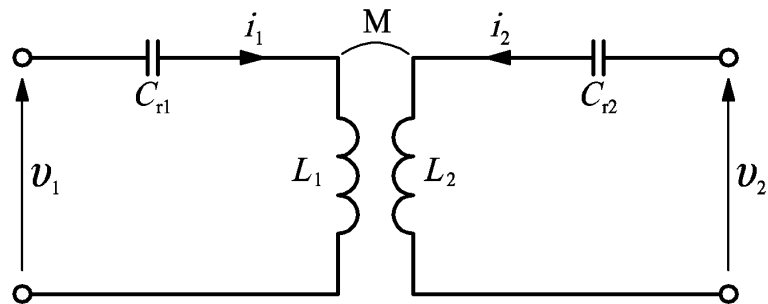
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 무선전력전송용 급전선전류 제어방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예는, 급전선의 출력전압의 크기에 변동이 있는 경우 변동에 대응하여 변압기의 1차측전류를 변하게 함으로써 급전선전류를 제어하도록 구성하여 부하에 대한 응답특성을 빠르게 하는 급전선전류 제어장치에 관한 것이다.

대표도 - 도4



명세서

청구범위

청구항 1

무선전력전송시스템의 급전선에 공급되는 급전선전류를 제어하기 위한 급전선전류 제어장치에 있어서,
전원부로부터 전원을 공급받아 직류로 변환하는 컨버터;
상기 컨버터의 출력을 공급받아 DC링크전압으로 생성하는 DC링크필터;
상기 DC링크전압을 공급받아 교류로 변환하는 인버터;
상기 인버터의 출력단에 일단이 연결되는 제1보상커패시터;
상기 제1보상커패시터의 타단에 1차측이 연결되는 변압기; 및
상기 변압기의 2차측에 일단이 연결되고 상기 급전선에 타단이 연결되는 제2보상커패시터
를 포함하는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 제1보상커패시터는, 상기 인버터와 상기 변압기의 1차측을 연결하는 1차측선로의 인덕턴스와 상기 변압기의 1차측 자기인덕턴스를 포함하는 1차측등가인덕턴스를 상쇄하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 제2보상커패시터는, 상기 변압기의 2차측 자기인덕턴스와 상기 급전선의 인덕턴스를 포함하는 2차측등가인덕턴스를 상쇄하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 급전선전류 제어장치는, 상기 급전선의 출력전압의 크기에 변동이 있는 경우 상기 변동에 대응하여 상기 변압기의 1차측전류의 크기를 변하게 함으로써 상기 급전선전류를 제어하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치.

청구항 5

제2항에 있어서,
상기 급전선전류 제어장치는, 상기 제1보상커패시터의 커패시턴스가

$$\frac{1}{\omega C_{r1}} = \omega L_1$$

(C_{r1} 은 상기 제1보상커패시터의 커패시턴스, L_1 은 상기 1차측등가인덕턴스, ω 는 상기 무선전력전송시스템의 동작 각속도를 의미)

의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 급전선전류 제어장치는, 상기 제2보상커패시터의 커패시턴스가

$$\frac{1}{\omega C_{r2}} = \omega L_2$$

(C_{r2} 는 상기 제2보상커패시터의 커패시턴스, L_2 는 상기 2차측등가인덕턴스, ω 는 상기 무선전력전송시스템의 동작 각속도를 의미)

의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 급전선전류 제어장치는, 상기 제1보상커패시터가 상기 인버터와 상기 변압기 사이에 직렬로 연결되는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 급전선전류 제어장치는, 상기 제2보상커패시터가 상기 변압기와 상기 급전선 사이에 직렬로 연결되는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 컨버터는, 적어도 하나의 사이리스터(Thyristor)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 급전선전류 제어장치는, 상기 컨버터의 출력전압이 위상제어(Phase Control) 방식으로 제어되는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 급전선전류 제어장치는, 상기 컨버터가 브리지 다이오드 형식으로 구성되고 상기 DC링크전압을 제어하기 위한 벡 컨버터(Buck Converter)를 상기 DC링크필터와 상기 인버터 사이에 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 벡 컨버터는, 스위칭소자, 커패시터, 다이오드 및 인덕터를 적어도 하나 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 급전선전류 제어장치는, 상기 인버터의 출력전압이 펄스폭변조(Pulse Width Modulation)에 의해 제어되는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치.

청구항 14

무선전력전송시스템의 급전선에 공급되는 급전선전류를 제어하기 위한 급전선전류 제어장치에 있어서,
 상기 급전선에 전력을 공급하기 위한 인버터; 및
 상기 인버터로부터 공급받은 전력을 상기 급전선으로 전달하기 위한 변압기
 를 포함하되,
 상기 급전선의 출력전압의 크기에 변동이 있는 경우 상기 변동에 대응하여 상기 변압기의 1차측전류의 크기를
 변하게 함으로써 상기 급전선전류를 제어하도록 구성되어 부하에 대한 응답특성이 빠르게 하도록 하는 것을 특
 징으로 하는 급전선전류 제어장치.

청구항 15

무선전력전송시스템의 급전선에 공급되는 급전선전류를 제어하기 위하여, 전원부로부터 전원을 공급받아 직류로
 변환하는 컨버터; 상기 컨버터의 출력을 공급받아 교류로 변환하는 인버터; 자기 커플링을 이용하여 상기 인버
 터의 출력을 상기 급전선으로 전달하기 위한 변압기를 포함하여 구성되는 급전선전류 제어장치에 있어서,
 상기 인버터와 상기 변압기의 1차측 사이에 연결되어 상기 인버터와 상기 변압기의 1차측을 연결하는 1차측선로
 의 인덕턴스와 상기 변압기의 1차측 자기인덕턴스를 포함하는 1차측등가인덕턴스를 상쇄하기 위한 제1보상커패
 시터; 및
 상기 변압기의 2차측과 상기 급전선 사이에 연결되어 상기 변압기의 2차측 자기인덕턴스와 상기 급전선의 인덕
 턴스를 포함하는 2차측등가인덕턴스를 상쇄하기 위한 제2보상커패시터를
 를 포함하되,
 상기 급전선의 출력전압의 크기에 변동이 있는 경우 상기 변동에 대응하여 상기 변압기의 1차측전류의 크기를
 변하게 함으로써 상기 급전선전류를 제어하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예는 무선전력전송시스템의 급전선전류 제어방법에 관한 것이다.

배경 기술

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

[0003] 도 1에 나타난 것과 같은 무선전력전송시스템의 급전선(130)은 무선전력전송의 특성상 정전류로 구동되는 것이
 바람직하다. 이를 위하여 급전인버터(110)가 채용되고 안전을 위해 급전인버터(110)의 출력단에는 절연변압기
 (120)를 사용하고 있다. 종래의 기술에서는 도 2에 나타난 변압기의 모델에서 이 절연변압기(120)의 여자인덕턴
 스(L_m)를 크게 하여 변류기처럼 동작하게 하고, 급전선전류(i_{20})를 일정하게 하기 위하여 절연변압기(120)의 1차
 전류(i_{10})를 일정하게 제어한다. 절연변압기(120)의 1차전류(i_{10})를 일정하게 제어하는 것을 급전인버터(110)가
 담당한다. 이러한 종래기술에서는 부하가 급변하면 급전선(130)에 유도되는 전압(v_{20})이 급변하게 되고 이에 따
 라 급전인버터(110)의 출력전압(v_{10})이 급변해야 하는데, 이러한 경우 에너지를 커패시터에 저장하는 형태인 전
 압원형 인버터(Voltage Source Inverter)에서는 응답속도를 빠르게 할 수 없는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 실시예는, 부하에 따라 급전선전압이 급변할 때 부하에 대한 응답특성을 빠르게 할 수 있는 급전선전
 류 제어장치를 제공하는 데 주된 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일 실시예는, 무선전력전송시스템의 급전선에 공급되는 급전선전류를 제어하기 위한 급전선전류 제어 장치에 있어서, 전원부로부터 전원을 공급받아 직류로 변환하는 컨버터; 상기 컨버터의 출력을 공급받아 DC링크 전압으로 생성하는 DC링크필터; 상기 DC링크전압을 공급받아 교류로 변환하는 인버터; 상기 인버터의 출력단에 일단이 연결되는 제1보상커패시터; 상기 제1보상커패시터의 타단에 1차측이 연결되는 변압기; 및 상기 변압기의 2차측에 일단이 연결되고 상기 급전선에 타단이 연결되는 제2보상커패시터를 포함하는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치를 제공한다.

[0006] 상기 제1보상커패시터는, 상기 인버터와 상기 변압기의 1차측을 연결하는 1차측선로의 인덕턴스와 상기 변압기의 1차측 자기인덕턴스를 포함하는 1차측등가인덕턴스를 상쇄하도록 구성될 수 있다.

[0007] 상기 제2보상커패시터는, 상기 변압기의 2차측 자기인덕턴스와 상기 급전선의 인덕턴스를 포함하는 2차측등가인덕턴스를 상쇄하도록 구성될 수 있다.

[0008] 상기 급전선전류 제어장치는, 상기 급전선의 출력전압의 크기에 변동이 있는 경우 상기 변동에 대응하여 상기 변압기의 1차측전류의 크기를 변하게 함으로써 상기 급전선전류를 제어하도록 구성될 수 있다.

[0009] 상기 급전선전류 제어장치는, 상기 제1보상커패시터의 커패시턴스가

$$\frac{1}{\omega C_{r1}} = \omega L_1$$

[0010] (C_{r1}은 상기 제1보상커패시터의 커패시턴스, L₁은 상기 1차측등가인덕턴스, ω는 상기 무선전력전송시스템의 동작 각속도를 의미)의 조건을 만족할 수 있다.

[0012] 상기 급전선전류 제어장치는, 상기 제2보상커패시터의 커패시턴스가

$$\frac{1}{\omega C_{r2}} = \omega L_2$$

[0013] (C_{r2}는 상기 제2보상커패시터의 커패시턴스, L₂는 상기 2차측등가인덕턴스, ω는 상기 무선전력전송시스템의 동작 각속도를 의미)의 조건을 만족할 수 있다.

[0015] 상기 급전선전류 제어장치는, 상기 제1보상커패시터가 상기 인버터와 상기 변압기 사이에 직렬로 연결될 수 있다.

[0016] 상기 급전선전류 제어장치는, 상기 제2보상커패시터가 상기 변압기와 상기 급전선 사이에 직렬로 연결될 수 있다.

[0017] 상기 컨버터는, 적어도 하나의 사이리스터(Thyristor)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0018] 상기 급전선전류 제어장치는, 상기 컨버터의 출력전압이 위상제어(Phase Control) 방식으로 제어될 수 있다.

[0019] 상기 급전선전류 제어장치는, 상기 컨버터가 브리지 다이오드 형식으로 구성되고 상기 DC링크전압을 제어하기 위한 벡 컨버터(Buck Converter)를 상기 DC링크필터와 상기 인버터 사이에 추가로 포함할 수 있다.

[0020] 상기 벡 컨버터는, 스위칭소자, 커패시터, 다이오드 및 인덕터를 적어도 하나 포함하여 구성될 수 있다.

[0021] 상기 급전선전류 제어장치는, 상기 인버터의 출력전압이 펄스폭변조(Pulse Width Modulation)에 의해 제어될 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명의 실시예의 다른 측면에 의하면, 무선전력전송시스템의 급전선에 공급되는 급전선전류를 제어하기 위한 급전선전류 제어장치에 있어서, 상기 급전선에 전력을 공급하기 위한 인버터; 및 상기 인버터로부터 공급받은 전력을 상기 급전선으로 전달하기 위한 변압기를 포함하되, 상기 급전선의 출력전압의 크기에 변동이 있는 경우 상기 변동에 대응하여 상기 변압기의 1차측전류의 크기를 변하게 함으로써 상기 급전선전류를 제어하도록 구성되어 부하에 대한 응답특성이 빠르게 하도록 하는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치를 제공한다.

[0023] 또한, 본 발명의 실시예의 또 다른 측면에 의하면, 무선전력전송시스템의 급전선에 공급되는 급전선전류를 제어하기 위하여, 전원부로부터 전원을 공급받아 직류로 변환하는 컨버터; 상기 컨버터의 출력을 공급받아 교류로 변환하는 인버터; 자기 커플링을 이용하여 상기 인버터의 출력을 상기 급전선으로 전달하기 위한 변압기를 포함하여 구성되는 급전선전류 제어장치에 있어서, 상기 인버터와 상기 변압기의 1차측 사이에 연결되어 상기 인버터와 상기 변압기의 1차측을 연결하는 1차측선로의 인덕턴스와 상기 변압기의 1차측 자기인덕턴스를 포함하는 1차측등가인덕턴스를 상쇄하기 위한 제1보상커패시터; 및 상기 변압기의 2차측과 상기 급전선 사이에 연결되어 상기 변압기의 2차측 자기인덕턴스와 상기 급전선의 인덕턴스를 포함하는 2차측등가인덕턴스를 상쇄하기 위한 제2보상커패시터를 포함하되, 상기 급전선의 출력전압의 크기에 변동이 있는 경우 상기 변동에 대응하여 상기 변압기의 1차측전류의 크기를 변하게 함으로써 상기 급전선전류를 제어하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 급전선전류 제어장치를 제공한다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 급전선에 흐르는 전류가 일정할 때 변압기의 1차측에 요구되는 전압이 일정하고, 부하에 따라 급전선전압이 급변할 때 변압기의 1차측전류가 대응하여 변하도록 하는 방법으로 급전선전류 제어장치를 구성함으로써 부하에 대한 응답특성을 빠르게 할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 무선전력전송 급전선용 급전인버터와 절연변압기를 나타낸 도면이다.
 도 2는 이상적인 변압기를 중심으로 표현한 기존의 절연변압기를 나타낸 도면이다.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치의 구성을 나타낸 도면이다.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치에서 제1보상커패시터와 제2보상커패시터의 기능을 상세하게 설명하기 위한 도면이다.
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치에서 사용되는 제어계통을 나타낸 도면이다.
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치가 위상제어정류회로를 포함하여 구성되는 경우를 나타낸 회로도이다.
 도 7은 도 6에 나타낸 회로도에서 인버터의 출력전압 및 출력전류를 온(ON) 상태인 해당 스위칭소자의 부호표시와 함께 나타낸 도면이다.
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치가 벽컨버터를 포함하여 구성되는 경우를 나타낸 회로도이다.
 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치에서 인버터가 PWM 제어되도록 구성되는 경우를 나타낸 회로도이다.
 도 10은 도 9에 나타낸 회로도에서 인버터의 출력전압 및 출력전류를 온(ON) 상태인 해당 스위칭소자의 부호표시와 함께 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0027] 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.

[0028] 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.

- [0029] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선전력전송시스템의 급전선전류 제어장치(300)의 구성을 나타낸 도면이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)는 컨버터(310), DC링크필터(DC-link Filter, 320), 인버터(330), 제1보상커패시터(340), 변압기(350), 제2보상커패시터(360), 급전선(370) 및 제어부(380)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0030] 컨버터(310)는 도 3에 도시된 바와 같이 무선전력전송시스템의 외부로부터 전원을 공급받도록 구성될 수 있다. 여기서, 컨버터(310)는 상용의 교류전원을 공급받은 후에 공급받은 교류전원을 정류하여 정류된 전압을 DC링크필터(320)에 공급하도록 구성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며 컨버터(310)의 구성 및 동작에 대해서는 추후 상세하게 설명하기로 한다.
- [0031] DC링크필터(320)는 컨버터(310)에 의해 정류된 전압의 리플(Ripple)을 최소화하여 DC링크전압(V_{DC})을 생성하도록 인덕터 및 커패시터를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0032] 인버터(330)는 DC링크필터(320)로부터 DC링크전압(V_{DC})을 공급받은 후 교류전압으로 변환한다. 변압기(350)는 사용자의 안전을 위하여 인버터(330)와 급전선(370)을 전기적으로 분리하고 전력만 전달하도록 절연변압기로 구성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0033] 급전선(370)은 무선전력전송시스템의 다른 한 편인 집전장치(미도시)에 전력을 전달하도록 구성될 수 있으며, 급전선(370)에 흐르는 급전선전류의 변동에 대응하여 컨버터(310) 및 인버터(330)의 출력을 조절하기 위한 제어신호를 생성하여 컨버터(310) 및 인버터(330)에 공급하도록 제어신호발생부(380)가 구성될 수 있다.
- [0034] 한편, 인버터(330)와 변압기(350) 사이에 제1보상커패시터(340)가, 변압기(350)와 급전선(370) 사이에 제2보상커패시터(360)가 포함되어 구성될 수 있다. 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)에서 제1보상커패시터(340)와 제2보상커패시터(360)의 기능을 상세하게 설명하기 위한 도면이다. 도 4에는 변압기(350)의 등가회로와 제1보상커패시터(340) 및 제2보상커패시터(360)를 포함한 주변회로가 도시되어 있다. 즉, 변압기(350)를 상호결합된 인덕터 모델로 표현하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)에서 변압기(350)의 주변회로는 인버터(330)와 변압기(350)를 연결하는 선로(이하, "1차측선로"라 칭함)의 인덕턴스와 변압기(350)의 1차측 자기인덕턴스를 포함하는 1차측등가인덕턴스를 상쇄하기 위한 제1보상커패시터(340)가 변압기(350)의 1차측에 직렬로 연결되고, 변압기(350)의 2차측 자기인덕턴스와 급전선(370)의 인덕턴스를 포함하는 2차측등가인덕턴스를 상쇄하기 위한 제2보상커패시터(360)가 변압기(350)의 2차측에 직렬로 연결되도록 구성할 수 있다.
- [0035] 이때, 인버터(330)의 출력전압(v_1) 및 급전선(370)에 인가되는 전압(v_2)은 키르히호프의 전압법칙에 의해 각각 수학적 식 1 및 수학적 식 2와 같이 주어진다. 여기서, i_1 은 변압기(350)의 1차측전류이고, i_2 는 변압기(350)의 2차측전류(급전선전류)이다. 또한, C_{r1} 은 제1보상커패시터(340)의 커패시턴스, C_{r2} 는 제2보상커패시터(360)의 커패시턴스, L_1 은 변압기(350)의 1차측등가인덕턴스, L_2 는 변압기(350)의 2차측등가인덕턴스, M 은 변압기(350)의 상호인덕턴스를 의미한다. 이때, 1차측등가인덕턴스(L_1)는 변압기(350)의 1차측 자기인덕턴스 및 인버터(330)에서 변압기(350)까지의 선로(1차측선로)의 인덕턴스를 포함하며, 2차측등가인덕턴스(L_2)는 변압기(350)의 2차측 자기인덕턴스 및 급전선(370)의 인덕턴스를 포함한다.

수학적 식 1

$$v_1 = \frac{1}{C_{r1}} \int i_1 dt + L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$$

[0036]

수학식 2

$$v_2 = M \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt} + \frac{1}{C_{r2}} \int i_2 dt$$

[0037]

[0038]

본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)가 정현파로 동작한다고 가정하면 수학식 1 및 수학식 2는 각각 수학식 3 및 수학식 4와 같이 페이저(Phasor)로 표시할 수 있다. 여기서, $\mathbf{I}_1$, $\mathbf{I}_2$, $\mathbf{V}_1$ 및 $\mathbf{V}_2$ 는 각각 i_1 , i_2 , v_1 및 v_2 의 페이저 표시이고, ω 는 무선전력전송시스템의 동작 각주파수이다.

수학식 3

$$\mathbf{V}_1 = \frac{1}{j\omega C_{r1}} \mathbf{I}_1 + j\omega L_1 \mathbf{I}_1 + j\omega M \mathbf{I}_2$$

[0039]

수학식 4

$$\mathbf{V}_2 = j\omega M \mathbf{I}_1 + j\omega L_2 \mathbf{I}_2 + \frac{1}{j\omega C_{r2}} \mathbf{I}_2$$

[0040]

[0041]

여기서, 수학식 5 및 수학식 6에 의해 주어지는 조건을 만족하도록 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)를 설계할 수 있다.

수학식 5

$$\frac{1}{\omega C_{r1}} = \omega L_1$$

[0042]

수학식 6

$$\frac{1}{\omega C_{r2}} = \omega L_2$$

[0043]

[0044]

이와 같이, 제1보상커패시터(340)의 커패시턴스(C_{r1}) 및 제2보상커패시터(360)의 커패시턴스(C_{r2})를 수학식 5 및 수학식 6에 의해 주어지는 조건을 만족하도록 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)를 설계하게 되면 수학식 3 및 수학식 4는 각각 수학식 7 및 수학식 8과 같이 간략화된다.

수학식 7

$$\mathbf{V}_1 = j\omega M \mathbf{I}_2$$

수학식 8

$$\mathbf{V}_2 = j\omega M \mathbf{I}_1$$

수학식 7에 의해 알 수 있듯이 급전선(370)에 공급되는 변압기(350)의 2차측전류($\mathbf{I}_2$)의 크기를 일정하게 제어하면 인버터(330)에서 공급하는 전압($\mathbf{V}_1$)의 크기가 일정하게 된다. 집전장치(미도시)에서 인출해가는 전력에 따라 급전선(350)에 인가되는 전압($\mathbf{V}_2$)이 결정되는데, 수학식 8에 의하면 급전선(370)에 인가되는 전압($\mathbf{V}_2$)에 비례하여 변압기(350)의 1차측전류($\mathbf{I}_1$)가 주어진다. 즉, 급전선(370)에 흐르는 전류($\mathbf{I}_2$)의 크기를 일정하게 제어하는 시스템을 구성하면 부하가 변동하여도 인버터(330)에서 공급하는 전압($\mathbf{V}_1$)의 크기는 변하지 않음을 알 수 있다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)에서 사용되는 제어계통을 나타낸 도면이다. 변압기(350)의 1차측과 2차측의 권수비가 1:1이고, 여자인덕턴스가 매우 크다고 가정하여 변압기(350)의 2차측 회로와 변압기(350)의 1차측 회로를 종속접속하였다. 여기서, 급전선전류의 크기(I_2)가 제어량이고 I_2^* 는 제어하고자 하는 급전선전류의 크기(I_2)의 설정치이다.

도 5에 도시된 바와 같이, 급전선(370)에 인가되는 급전선전압의 크기(V_2)가 변동하여도 인버터(330)의 출력전압의 크기(V_1)가 급전선전압의 크기(V_2)의 변동에 연동되어 따라 변하지 않고 변압기(350)의 1차측전류의 크기(I_1)가 변하도록 구성될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)에 포함되는 인버터(330)가 전압원형 인버터(Voltage Source Inverter)이고 1차측선로(590)에 의한 손실이 없다고 가정하면 인버터(330)의 출력전압의 크기(V_1)의 변화없이 변압기(350)의 1차측전류의 크기(I_1)가 변하도록 구성될 수 있다. 그러나, 현실적으로 손실이 없는 선로의 존재는 불가능하므로, 변압기(350)의 1차측전류의 크기(I_1)가 변하면 실제 시스템에서는 손실을 유발하는 도체(여기서는 "1차측선로")가 가지는 작은 저항에 의해 약간의 전압강하가 발생하게 되고, 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)는 이 전압강하만 보상하도록 컨버터(310) 및 인버터(330)의 출력을 보정하도록 구성될 수 있다.

위와 같이 급전선(370)에 흐르는 전류의 크기(I_2)가 일정할 때 변압기(350)의 1차측에 요구되는 전압의 크기(V_1)가 일정하고, 무선전력전송시스템의 부하(미도시)에 따라 급전선전압의 크기(V_2)가 변할 때 변압기(350)의 1차측전류의 크기(I_1)가 변하도록 하는 방법으로 급전선전류 제어장치(300)를 구성함으로써 부하(미도시)에 대한 응답특성을 빠르게 하는 효과를 기대할 수 있다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)가 위상제어정류회로를 포함하여 구성되는 경우를 나타낸 회로도이며, 도 7은 도 6에 나타난 회로도에서 인버터(330)의 출력전압 및 출력전류를 온(ON) 상태인 해당 스위칭소자의 부호표시와 함께 나타낸 도면이다.

도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)는 사이리스터(Thyristor; T1, T2, T3, T4, T5, T6)를 포함하는 컨버터(310), 인덕터(L1, L2) 및 직류커패시터(C_{DC})를 포함하는 DC링크필터(320), 파워트랜지스터(S1, S2, S3, S4)를 포함하는 인버터(330), C_{r1} 의 정전용량을 갖도록 설계되는 제1보상커패시터(340), 변압기(350), C_{r2} 의 정전용량을 갖도록 설계되는 제2보상커패시터(360) 및 급전선(370)을 포함하여 구성될 수 있다.

- [0053] 컨버터(310)는 3상 교류전원(v_{an}, v_{bn}, v_{cn})을 공급받도록 구성될 수 있으며, Thyristor(T1~T6)으로 구성된 위상제어 정류회로가 DC링크전압(V_{DC})을 제어하기 위하여 사용되고, 파워트랜지스터(S1,S2,S3,S4)를 포함하여 구성되는 인버터(330)는 도 7에 도시된 바와 같이 구형파 모드로 동작되도록 구성될 수 있다. 여기서, 인버터(330)가 파워트랜지스터(S1,S2,S3,S4)를 포함하여 구성되는 경우를 예로 들어 설명하지만 스위칭 기능을 하는 다른 종류의 소자를 포함하여 구성될 수 있으므로 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0054] 도 7에 표시된 파워트랜지스터의 부호는 해당 구간에서 ON 상태인 파워트랜지스터의 부호를 의미한다. 즉, 노드(Node) A와 노드 B사이에 인가되는 인버터(330)의 출력전압(v_1) 및 변압기(350)의 1차측전류(i_1)가 모두 양(+)의 구간일 때는 파워트랜지스터(S1) 및 파워트랜지스터(S2)가 온 상태이고, 인버터(330)의 출력전압(v_1) 및 변압기(350)의 1차측전류(i_1)가 모두 음(-)의 구간일 때는 파워트랜지스터(S3) 및 파워트랜지스터(S4)가 온 상태가 되도록 동작될 수 있다.
- [0055] 이때, 부하(미도시)의 변화에 대응하기 위한 변압기(350)의 1차측전류(i_1)의 변화분은 직류커패시터(C_{DC})에 의해 보상되고, Thyristor(T1~T6)으로 구성된 위상제어정류회로는 변압기(350)의 1차측전류(i_1)에 의한 1차측전로(590)의 전압강하 또는 전원전압의 변동에 따른 보상만 하도록 구성될 수 있다.
- [0056] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)가 벡 컨버터(Buck Converter, 890)를 포함하여 구성되는 경우를 나타낸 회로도이다.
- [0057] 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)는 도 8에 도시된 바와 같이, 다이오드(D1,D2,D3,D4,D5,D6)를 포함하는 컨버터(310); 인덕터(L1,L2) 및 커패시터(C_f)를 포함하는 DC링크필터(320); 스위치(S_{BUCK}), 커패시터(C_{DC}), 다이오드(D7) 및 인덕터(L3)를 포함하는 벡 컨버터(890); 파워트랜지스터(S1,S2,S3,S4)를 포함하는 인버터(330); C_{r1} 의 정전용량을 갖도록 설계되는 제1보상커패시터(340); 변압기(350); C_{r2} 의 정전용량을 갖도록 설계되는 제2보상커패시터(360); 및 급전선(370)을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0058] 이때, 다이오드(D1,D2,D3,D4,D5,D6)를 포함하는 간단한 정류회로로 구성되는 컨버터(310)가 전압(V_{DC})을 제어하는 기능을 수행하지 않고, 벡 컨버터(890)가 전압(V_{DC})을 제어하기 위하여 사용될 수 있으며, 도 6에 나타낸 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)가 위상제어정류회로를 포함하여 구성되는 경우와 유사하게 벡 컨버터(890)는 변압기(350)의 1차측전류(i_1)에 의한 1차측전로(590)의 전압강하 또는 전원전압의 변동에 따른 보상만 하도록 구성될 수 있다.
- [0059] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)에서 인버터(330)가 PWM(Pulse Width Modulation) 제어되도록 구성되는 경우를 나타낸 회로도이며, 도 10은 도 9에 나타낸 회로도에서 인버터(330)의 출력전압 및 출력전류를 ON 상태인 해당 스위칭소자의 부호표시와 함께 나타낸 도면이다.
- [0060] 본 발명의 일 실시예에 따른 급전선전류 제어장치(300)는 도 9에 도시된 바와 같이, 다이오드(D1,D2,D3,D4,D5,D6)를 포함하는 컨버터(310), 인덕터(L1,L2) 및 직류커패시터(C_{DC})를 포함하는 DC링크필터(320), 파워트랜지스터(S1,S2,S3,S4)를 포함하는 인버터(330), C_{r1} 의 정전용량을 갖도록 설계되는 제1보상커패시터(340), 변압기(350), C_{r2} 의 정전용량을 갖도록 설계되는 제2보상커패시터(360) 및 급전선(370)을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0061] 다이오드(D1,D2,D3,D4,D5,D6)를 포함하는 간단한 정류회로로 구성되는 컨버터(310)의 출력이 DC링크필터(320)를 경유하여 인버터(330)에 연결되고 인버터(330)가 변압기(350)의 1차측전압(v_1)을 제어하도록 구성될 수 있다. 인버터(330)가 변압기(350)의 1차측전압(v_1)을 제어하도록 하기 위해서는 도 10에 도시된 바와 같이 PWM 제어를 하게 되며, 도 6 및 도 8에 도시된 경우와 유사하게 변압기(350)의 1차측전류(i_1)에 의한 1차측전로(590)의 전압강하 또는 전원전압의 변동에 따른 보상만 하게 되므로 펄스 폭의 변동은 그리 크지 않게 된다.
- [0062] 도 10에 표시된 파워트랜지스터의 부호는 해당 구간에서 ON 상태인 파워트랜지스터의 부호를 의미한다. 즉, 노드(Node) A와 노드 B사이에 인가되는 인버터(330)의 출력전압(v_1) 및 변압기(350)의 1차측전류(i_1)가 모두 양(+)의 구간일 때는 파워트랜지스터(S1) 및 파워트랜지스터(S2)가 온 상태이고, 인버터(330)의 출력전압(v_1) 및

변압기(350)의 1차측전류(i_1)가 양(+)에서 음(-)으로 천이하는 구간에서는 파워트랜지스터(S1) 및 파워트랜지스터(S3)가 온 상태가 된다. 또한, 인버터(330)의 출력전압(v_1) 및 변압기(350)의 1차측전류(i_1)가 모두 음(-)의 구간일 때는 파워트랜지스터(S3) 및 파워트랜지스터(S4)가 온 상태이고, 인버터(330)의 출력전압(v_1) 및 변압기(350)의 1차측전류(i_1)가 음(-)에서 양(+)으로 천이하는 구간에서는 파워트랜지스터(S2) 및 파워트랜지스터(S4)가 온 상태가 되도록 동작될 수 있다.

[0063]

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.

[0064]

이상의 설명은 본 발명의 기술적 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 기술적 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술적 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술적 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0065]

300: 급전선전류 제어장치

310: 컨버터 320: DC링크필터

330: 인버터 350: 변압기

340: 제1보상커패시터 360: 제2보상커패시터

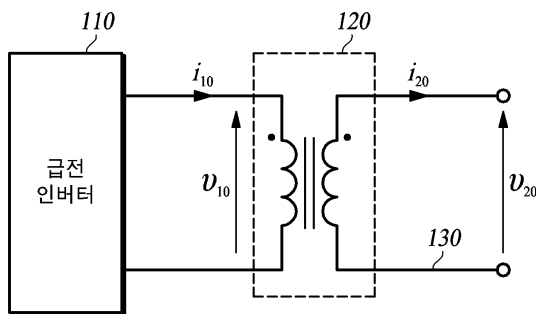
370: 급전선 380: 제어신호발생부

C_{r1} : 제1보상커패시터의 커패시턴스

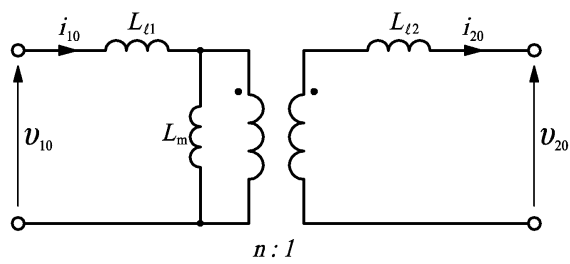
C_{r2} : 제2보상커패시터의 커패시턴스

도면

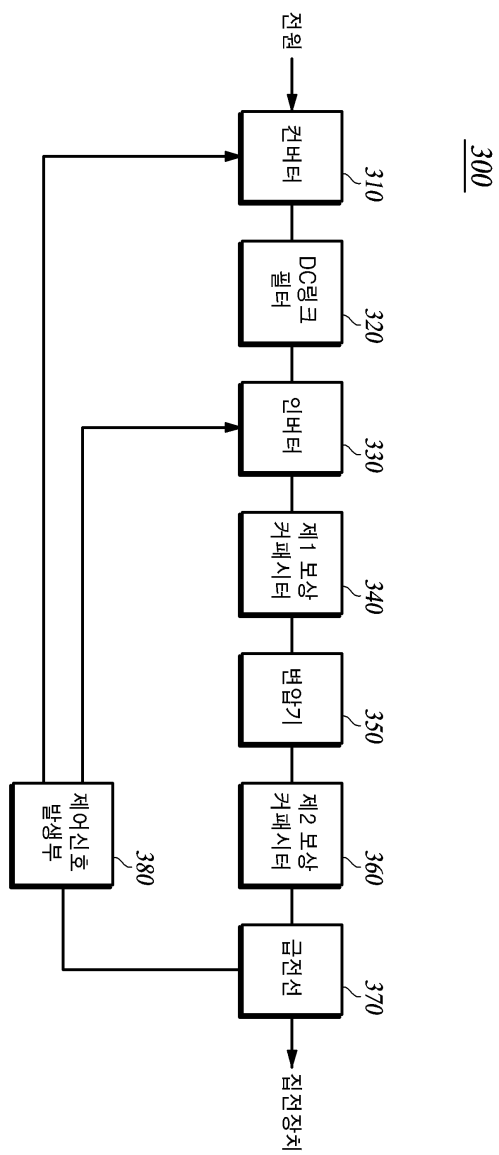
도면1



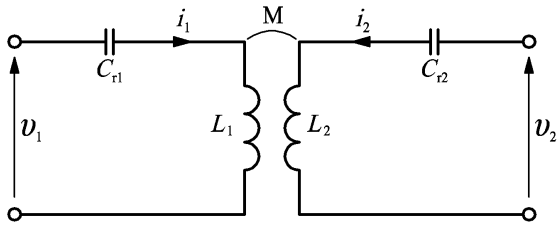
도면2



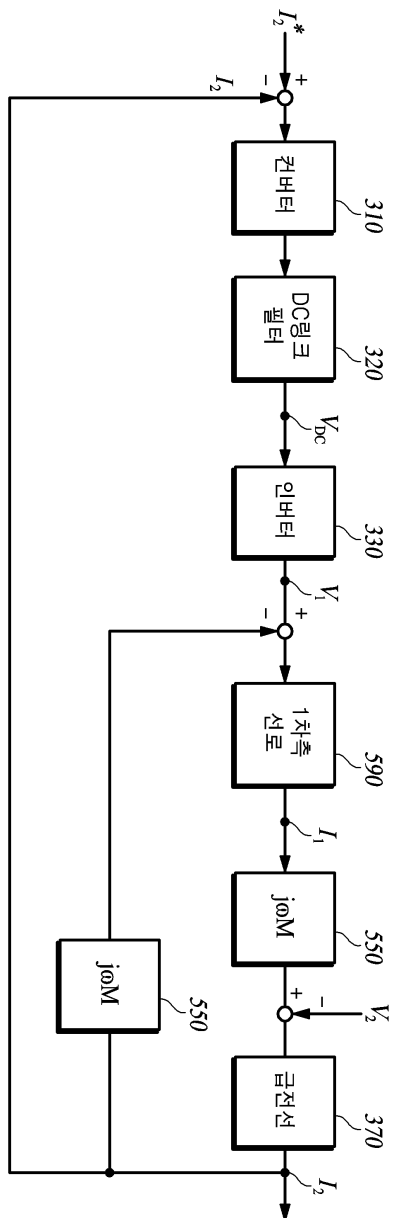
도면3



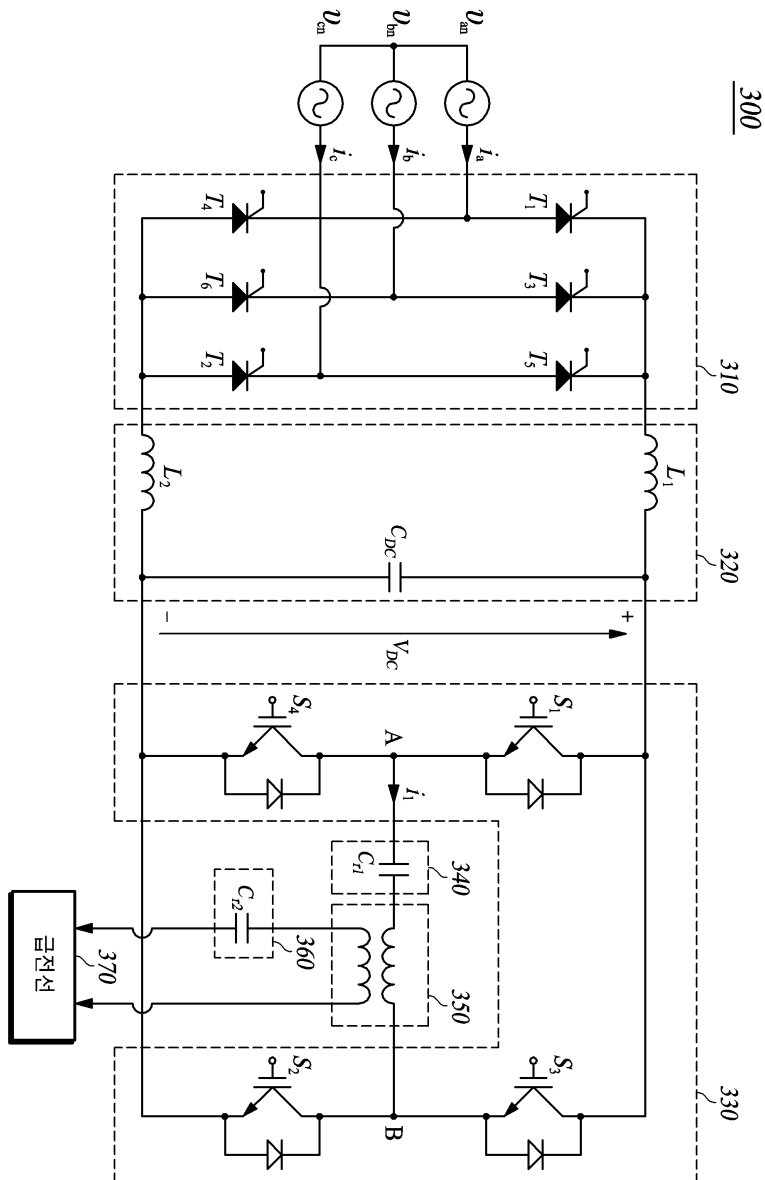
도면4



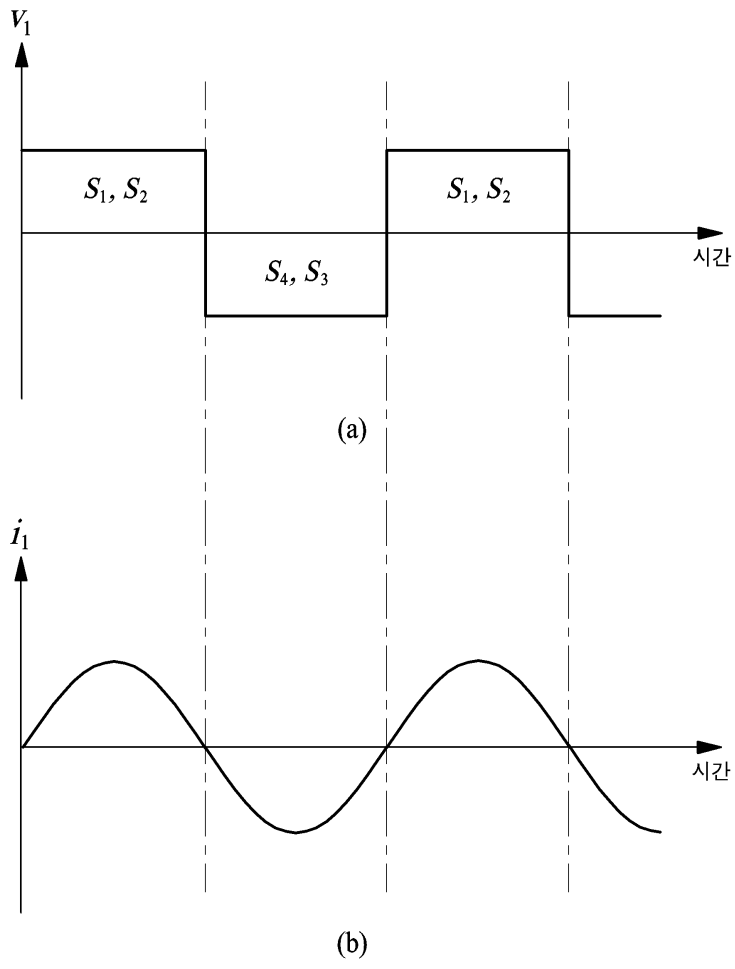
도면5



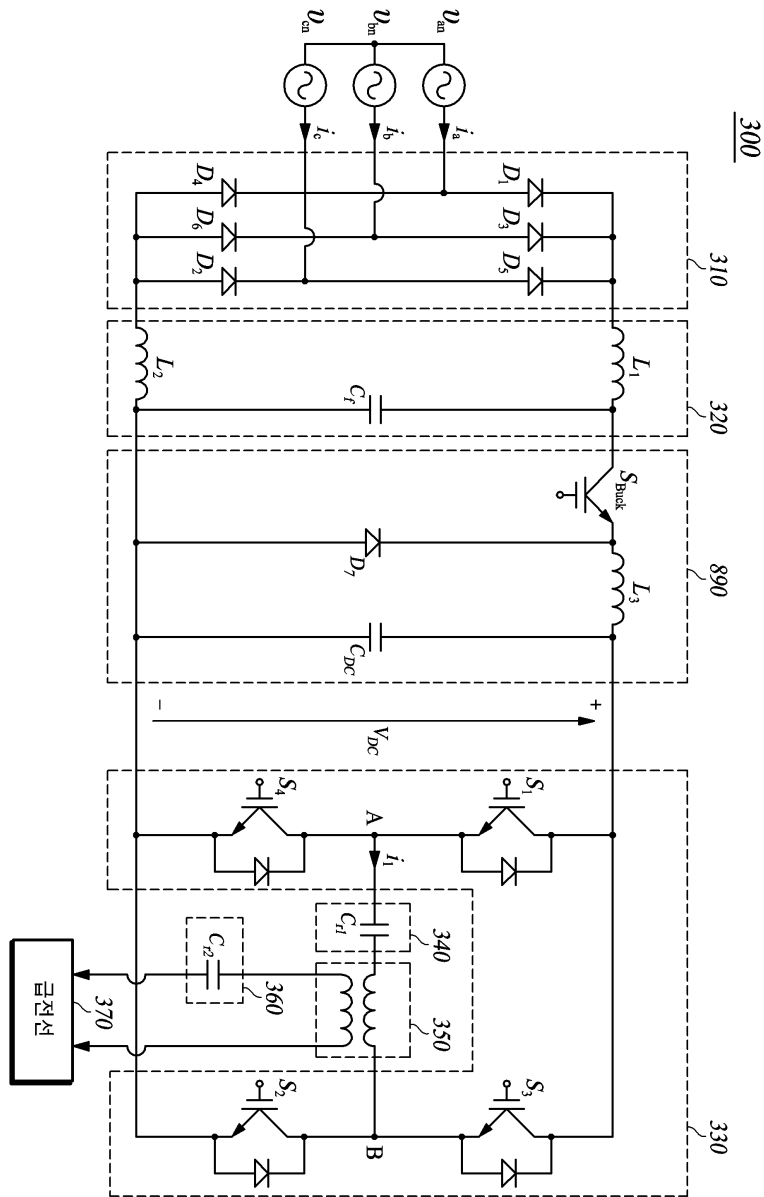
도면6



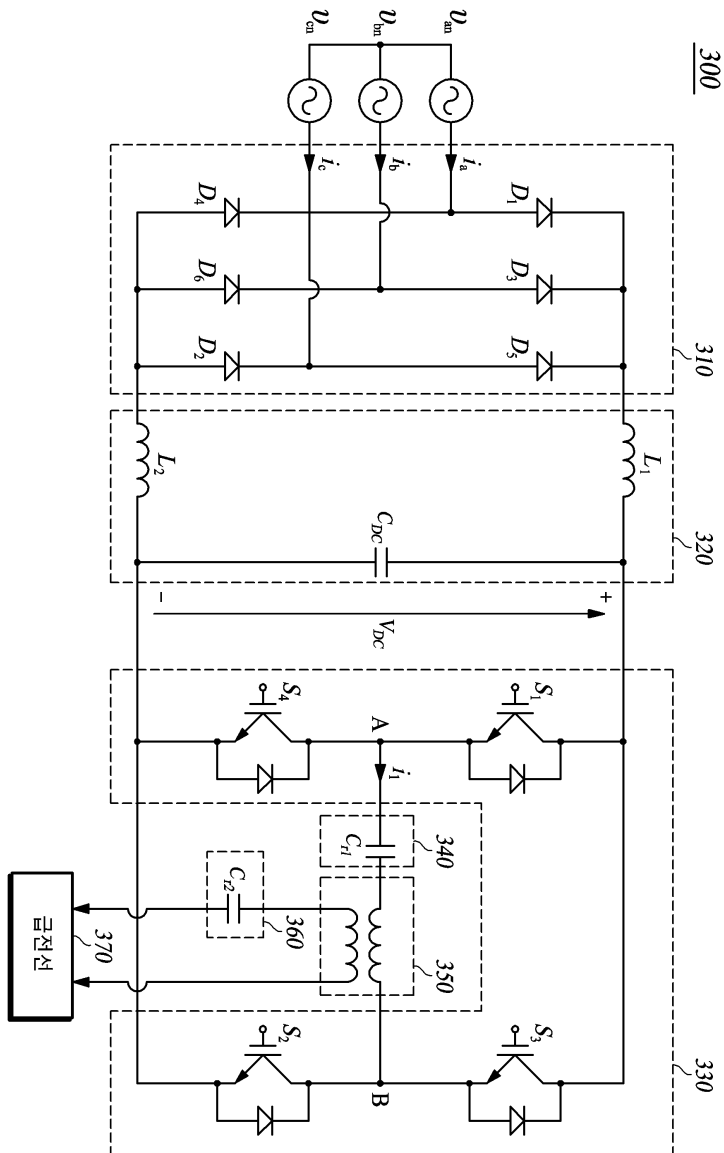
도면7



도면8



도면9



도면10

