(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0135340
(43) 공개일자 2023년09월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 1/08 (2006.01) *H02M 7/04* (2006.01)
H02M 7/12 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02M 1/08 (2013.01)
H02M 1/083 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0032668
(22) 출원일자 2022년03월16일
심사청구일자 2022년03월16일

(71) 출원인
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
정세교
경상남도 진주시 가좌안골길21번길 5, 105동 1201호 (가좌동, 가좌제일풍경채)
(74) 대리인
김종선

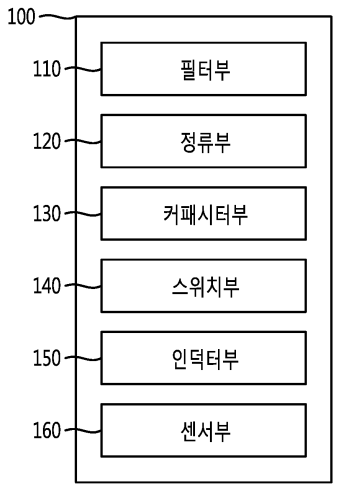
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **전력 조정 장치**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 따른 전력 조정 장치는 입력전류를 필터링하는 필터 인덕터를 포함하는 필터부, 상기 입력전류로부터 교류전압을 정류하는 다이오드를 포함하는 정류부, 상기 입력전류를 충전하여 전압원을 형성하는 커패시터를 포함하는 커패시터부, 펄스 폭 변조의 제어에 의해 온/오프를 제어하는 스위치부 및 상기 스위치부에 의한 도통 시 축전된 전력을 이용하여 영전압 스위치를 구동하는 인덕터부를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H02M 7/04 (2023.05)
H02M 7/05 (2023.05)
H02M 7/12 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1425159076
과제번호	S3045967
부처명	중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명	중소기업기술정보진흥원
연구사업명	구매조건부신제품개발사업(구매연계형)
연구과제명	IGBT를 사용한 고역율 Transformerless 전력조정기 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)파라이엔티
연구기간	2021.04.21 ~ 2022.04.20

명 세 서

청구범위

청구항 1

전력 조정 장치에 있어서,

입력전류를 필터링하는 필터 인덕터를 포함하는 필터부;

상기 입력전류로부터 교류전압을 정류하는 다이오드를 포함하는 정류부;

상기 입력전류를 충전하여 전압원을 형성하는 커패시터를 포함하는 커패시터부;

펄스 폭 변조의 제어에 의해 온/오프를 제어하는 스위치부; 및

상기 스위치부에 의한 도통 시 축전된 전력을 이용하여 영전압 스위치를 구동하는 인덕터부를 포함하는 전력 조정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 스위치부는,

제1스위치 및 제2스위치를 포함하고,

상기 제1스위치 및 상기 제2스위치의 구동에 따른 스위칭 펄스 사이의 데드타임을 부여하는 것을 특징으로 하는 전력 조정 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 커패시터부에 양의 전압이 발생되면, 상기 제1스위치가 온(ON) 상태가 되어 상기 인덕터부에 전력이 축전되는 것을 특징으로 하는 전력 조정 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제1스위치가 오프(OFF) 상태가 되면, 상기 인덕터부에 축전된 전력에 의해 상기 제2스위치와 연결된 상기 커패시터부에 공진이 발생하고, 상기 제2스위치 양단에 구비된 커패시터에 공진이 발생하는 것을 특징으로 하는 전력 조정 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 공진에 의해 상기 다이오드가 도통되어 상기 제2스위치의 전압이 0에 수렴하는 것을 특징으로 하는 전력 조정 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제2스위치에 게이트 신호가 인가되면, 상기 제2스위치가 온(ON) 상태가 되어 영전압으로 스위칭하는 것을 특징으로 하는 전력 조정 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 제2스위치는 상기 인덕터부에 축전된 전력이 상기 커패시터의 전력보다큰 경우 영전압으로 스위칭 되는 것을 특징으로 하는 전력 조정 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 인덕터부는 경부하 발생시 영전압 스위칭을 수행하는 공진회로를 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 조정 장치

청구항 9

제1항에 있어서,

출력전압을 궤환하여 출력전력을 제어하는 센서부를 더 포함하고,

상기 센서부는

출력전압, 출력전류, 입력전압 및 입력전류를 측정하여 궤환 여부를 결정하는 것을 특징으로 하는 전력 조정 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전력 조정 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 반도체 및 디스플레이 공정에 사용되는 히터용 전력조정기는 사이리스터를 이용하여 구현된 바 있다. 그러나 사이리스터 기반의 전력 조정기는 역률이 낮고 낮고 전압제어 정밀도가 떨어지는 단점이 있어, IGBT와 같은 트랜지스터 계열의 소자를 이용하여 고주파로 PWM 제어하는 방법이 사용되고 있다. 그럼에도 불구하고, IGBT는 싸이리스터에 비해 도통 손실과 스위칭 손실이 커서 적용 범위에 제한이 있는 문제점이 존재한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2021-0079492호 (2021년6월30일 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 영전압 스위칭을 통해 고효율로 동작하는 전력 조정 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0005] 다른 측면에서 본 발명은 고역률로 정밀제어가 가능하며 전력설비의 용량과 크기를 최소화할 수 있는 전력 조정 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 조정 장치는 입력전류를 필터링하는 필터 인덕터를 포함하는 필터부, 상기 입력전류로부터 교류전압을 정류하는 다이오드를 포함하는 정류부, 상기 입력전류를 충전하여 전압원을 형성하는 커패시터를 포함하는 커패시터부, 펄스 폭 변조의 제어에 의해 온/오프를 제어하는 스위치부 및 상기 스위치부에 의한 도통 시 축전된 전력을 이용하여 영전압 스위치를 구동하는 인덕터부를 포함할 수 있다.

[0007] 또한, 상기 스위치부는, 제1스위치 및 제2스위치를 포함하고, 상기 제1스위치 및 상기 제2스위치의 구동에 따른 스위칭 펄스 사이의 데드타임을 부여할 수 있다.

[0008] 또한, 상기 커패시터부에 양의 전압이 발생되면, 상기 제1스위치가 온(ON) 상태가 되어 상기 인덕터부에 전력이 축전될 수 있다.

[0009] 또한, 상기 제1스위치가 오프(OFF) 상태가 되면, 상기 인덕터부에 축전된 전력에 의해 상기 제2스위치와 연결된 상기 커패시터부에 공진이 발생하고, 상기 제2스위치 양단에 구비된 커패시터에 공진이 발생할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 공진에 의해 상기 다이오드가 도통되어 상기 제2스위치의 전압이 0에 수렴할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 제2스위치에 게이트 신호가 인가되면, 상기 제2스위치가 온(ON) 상태가 되어 영전압으로 스위칭할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 제2스위치는 상기 인덕터부에 축전된 전력이 상기 커패시터의 전력보다큰 경우 영전압으로 스위칭될 수 있다.

[0013] 또한, 상기 인덕터부는 경부하 발생시 영전압 스위칭을 수행하는 공진회로를 포함할 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 조정 장치는 출력전압을 궤환하여 출력전력을 제어하는 센서부를 더 포함하고, 상기 센서부는 출력전압, 출력전류, 입력전압 및 입력전류를 측정하여 궤환 여부를 결정할 수 있다.

발명의 효과

[0015] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단에 의하면, 영전압 스위칭을 통해 고효율로 동작하는 전력 조정 장치를 제공할 수 있다.

[0016] 또한, 고역률로 정밀제어가 가능하며 전력설비의 용량과 크기를 최소화할 수 있는 전력 조정 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 조정 장치의 구성을 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 조정 장치의 회로 구성을 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 조정 장치의 영전압 스위칭의 예를 도시한 도면이다.

도 4 내지 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 조정 장치에 의한 파형 그래프를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다.

[0019] 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.

[0020] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 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 조

합한 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.

[0021] 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 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가진 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0022] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시 예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명을 설명함에 있어 전체적인 이해를 용이하게 하기 위하여 도면상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 조정 장치의 구성을 도시한 도면이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 조정 장치의 회로 구성을 도시한 도면이다.

[0024] 도 1 내지 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 조정 장치(100)는 필터부(110), 정류부(120), 커패시터부(130), 스위치부(140), 인덕터부(150) 및 센서부(160)를 포함할 수 있다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 조정 장치(100)는 반도체 및 디스플레이 공정에 사용되는 히터용 전력조정기(Power Regulator)에 적용될 수 있다. 종래의 전력 조정기는 사이리스터(SCR)를 이용하여 전력 회로를 구성하며 제로크로싱(Zero-Crossing) 또는 위상제어(Phase Control) 기법을 사용하여 히터에 공급되는 전력을 제어한 바 있다, 그러나, 제로크로싱 방법을 사용할 경우 정밀한 전력 제어가 어려운 단점이 존재하며, 위상제어 기법은 역률이 낮아 과도한 전력설비가 요구되는 문제점이 존재한다. 최근에는 IGBT와 같이 수십 kHz의 고주파로 스위칭이 가능한 전력용 반도체를 사용하여 PWM 제어하는 전력 조정기가 고려되고 있다. 이를 통해 고역률로 정밀한 전력제어가 가능하나, IGBT 등의 트랜지스터 계열 전력용 반도체의 경우, 도통 및 스위칭 손실이 커서 기존의 사이리스터 계열의 전력용 반도체를 사용하는 전력 조정기에 비해 효율이 낮은 단점이 여전히 존재하여 그 적용 범위가 제한적인 실정이다. 이에, 본 발명은 IGBT의 스위칭 손실을 최소화할 수 있으며, 고효율로 동작하는 PWM 방식의 고역률 전력 조정 장치를 개시한다.

[0026] 필터부(110)는 입력전류를 필터링하는 필터 인덕터를 포함할 수 있다. 필터부(110)는 제1필터 인덕터(111)와 제2필터 인덕터(112)를 포함할 수 있다. 정류부(120)는 입력전류로부터 교류전압을 정류하는 다이오드를 포함할 수 있다. 정류부(120)는 제1다이오드(121)와 제2다이오드(122)를 포함할 수 있다.

[0027] 커패시터부(130)는 입력전류를 충전하여 전압원을 형성하는 커패시터를 포함할 수 있다. 커패시터부(130)는 제1커패시터(131) 및 제2커패시터(132)를 포함할 수 있다.

[0028] 스위치부(140)는 펄스 폭 변조(PWM)의 제어에 의해 온/오프(ON/OFF)를 제어할 수 있다. 스위치부(140)는, 제1스위치(141) 및 제2스위치(142)를 포함할 수 있다. 예시적으로, 스위치부(140)는 IGBT 스위치로 구비될 수 있으며, IGBT 스위치는 동등한 역할을 하는 MOSFET, SiC MOSFET, GaN HEMT 등의 전력용 반도체 일 수 있다. 또한, 스위치부(140)는 PWM 펄스에 의해 온(ON) 상태가 될 경우, 전력 조정 장치 회로의 출력전압의 크기는 PWM 펄스의 듀티 비(Duty Ratio)를 통해 가변될 수 있다.

[0029] 또한, 스위치부(140)는 제1스위치(141) 및 제2스위치(142)의 구동에 따른 스위칭 펄스 사이의 데드타임을 부여할 수 있다. 데드타임은 암 쇼트(Arm Short)를 방지하기 위해 부여될 수 있다. 암 쇼트란 HIGH SIDE와 LOW SIDE 스위칭 소자가 동 시에 온 상태가 될 때, Vcc(+)와 GND(-) 가 쇼트되는 현상을 의미한다. 제1스위치(141) 및 제2스위치(142)가 동시에 온 상태가 되면 암 쇼트에 의해 소자가 과열되거나 파괴될 수 있기 때문에, 소정의 데드타임을 부여하여 암 쇼트를 방지할 수 있다.

[0030] 제1스위치(141) 및 제2스위치(142)의 게이트 신호 사이에 데드타임이 부여될 수 있다. 앞서 살펴본 바와 같이, 데드타임의 크기는 영전압 스위칭이 원활하게 이루어질 수 있도록 조정될 수 있다. 전력회로에서 부하가 작을수록 스위치 양단의 전압이 0을 유지하는 시간이 짧아지게 되므로 큰 데드타임을 가지면, 영전압 스위칭이 불가해진다. 따라서, 스위치부(140)는 부하에 공급되는 전류에 크기에 따라 데드타임을 조정할 수 있다.

[0031] 인덕터부(150)는 스위치부(140)에 의한 도통 시 축전된 전력을 이용하여 영전압 스위치를 구동할 수 있다. 도 2를 참조하면, 커패시터부(130)에 양의 전압이 발생되면, 제1스위치(141)가 온(ON) 상태가 되어 인덕터부(150)에 전력이 축전될 수 있다. 구체적으로, 제1커패시터(131)의 전압이 양의 값일 경우, 제1스위치(141)는 온 상태

즉, 턴 온(Turn on) 될 수 있다. 제1스위치(141)가 턴 온 되면, 인덕터부(150)에는 출력 방향(vo)으로 전류가 흐르며 이때, 소정의 전력이 인덕터부(150)에 축전될 수 있다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 센서부(160)는 출력전압을 궤환하여 출력전력을 제어할 수 있다. 센서부(160)는 출력전압, 출력전류, 입력전압 및 입력전류를 측정하여 궤환 여부를 결정할 수 있다.

[0033] 제1스위치(141)가 오프(OFF) 상태가 되면 즉, 턴 오프(Turn off) 되면, 인덕터부(150)에 축전된 전력에 의해 제2스위치(142)와 연결된 커패시터부(130)에 공진이 발생한다. 또한, 제2스위치(142) 양단에 구비된 커패시터에 공진이 발생할 수 있다. 즉, 제1스위치(141)가 턴 오프 되면, 제2스위치(142)와 연결된 제1커패시터(131) 및 제2커패시터(132)에 공진이 발생하며, IGBT에 역방향으로 구비된 제1다이오드(121) 및 제2다이오드(122)가 도통될 수 있다. 공진에 의해 이에 제1다이오드(121) 및 제2다이오드(122)가 도통되어 제2스위치(142)의 전압은 0에 수렴하는 전압 강하가 이루어질 수 있다.

[0034] 이때 제2스위치(142)에 게이트 신호가 인가되면, 제2스위치(142)가 온 상태가 되어 영전압으로 스위칭하게 된다. 다시 말해 제2스위치(142)가 턴 온 되면, 제2스위치(142) 양단의 전압은 0에 수렴하므로, 제2스위치(142)가 영전압으로 스위칭하게 된다.

[0035] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 조정 장치의 영전압 스위칭의 예를 도시한 도면이다.

[0036] 도 3을 참조하면, 제2스위치(142) 양단의 전압 v_{CE}이 공진에 의해 0으로 수렴한 후 게이트 전압 v_{GE}가 인가되어 영전압 스위칭이 발생할 수 있다. 영전압 스위칭이 이루어지기 위한 조건으로, 제2스위치(142)는 인덕터부(150)에 축전된 전력이 커패시터(131, 132)의 전력보다 큰 경우 영전압으로 스위칭될 수 있다. 인덕터부(150)에 저장된 에너지는 인덕터부(150)의 인덕턴스에 비례하고, 인덕터부(150)에 흐르는 전류의 제곱에 비례할 수 있다. 따라서, 인덕터부(150)에 흐르는 전류가 충분하지 않을 경우 즉, 커패시터에 저장된 에너지보다 크지 않을 경우 영전압 스위칭이 발생하지 않는다.

[0037] 도 3에 도시된 파형은 제2스위치(142)에서 발생하는 영전압 스위칭의 동작을 나타낸 것으로, 제1스위치(141)에서도 동일한 과정으로 영전압 스위칭 동작이 이루어질 수 있다. 도 2를 참조하면, 인덕터부(150)에 부하가 직렬로 연결되어 있으므로, 부하가 작을 경우, 인덕터부(150)에 흐르는 전류도 감소하게 되어 영전압 스위칭이 발생하지 않는다.

[0038] 한편, 인덕터부(150)는 경부하 발생시 영전압 스위칭을 수행하는 공진회로를 포함할 수 있다. 도 2를 참조하면, 공진회로는 Lr(10)과 Cr(11)를 포함하며, 인덕터부(150)의 부하와 무관하게 Lr(10)과 Cr(11)에는 공진전류 i_r이 흐르게 된다. 이러한 공진전류에 의해 인덕터부(150)의 부하가 작더라도 제1스위치(141)과 제2스위치(142)가 영전압으로 스위칭될 수 있다. 이 때, Lr(10)과 Cr(11)의 공진주파수는 제1스위체(141)과 제2스위치(142)의 스위칭 주파수에 비해 낮을 수 있다.

[0039] 도 2를 참조하면, 전력 조정 장치의 회로에서 입력전압 v_i와 전류 i_i를 이용하여 부가적인 역률제어 기능을 가질 수 있다. 예시적으로, 전력 조정 장치(100)는 고주파 PWM 제어를 하므로 사이리스터 정류기에 비해 높은 역률을 가지지만, 전력제어기에서 역률 개선을 위한 입력전류 제어를 수행하면 역률을 보다 향상시킬 수 있다.

[0040] 도 4 내지 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 조정 장치에 의한 파형 그래프를 도시한 도면이다.

[0041] 도 4는 전력 조정 장치(100)의 입력전압과 입력전류 및 출력전압을 나타낸다. 입력전압과 전류에 대한 역률은 0.99로 매우 높은 역률을 나타낸다. 출력전압은 스위칭 파형으로 나타나며 듀티 비를 조절하여 출력 전력을 제어할 수 있다.

[0042] 도 5는 제2스위치(142)에서 스위칭시 영전압 스위칭 동작을 나타내는 파형이다. 공진회로에 의해 제2스위치(142)에 구비된 역방향 다이오드(121, 122)에 역으로 전류가 흐르게 되며, 제2스위치(142) 양단의 전압은 0으로 수렴한다. 이 때 게이트 펄스가 인가되면 영전압 스위칭이 발생할 수 있다.

[0043] 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 조정 장치(100)는 히터용 전력제어기를 구성함에 있어 고역률로 정밀제어가 가능하며 전력조정기를 구성하는 전력설비의 용량과 크기를 최소화할 수 있으며, 종래의 방법에 비해 고효율의 전력제어기를 구현할 수 있다.

[0044] 상술한 실시 예에 설명된 특징, 구조, 효과 등은 본 발명의 적어도 하나의 실시 예에 포함되며, 반드시 하나의 실시 예에 만 한정되는 것은 아니다. 나아가, 각 실시 예에 서 예시된 특징, 구조, 효과 등은 실시예들이 속하

는 분야의 통상의 지식을 가지는 자에 의하여 다른 실시예들에 대해서도 조합 또는 변형되어 실시 가능하다.

[0045] 따라서 이러한 조합과 변형에 관계된 내용들은 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다. 또한, 이상에서 실시 예들을 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시 예들에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부한 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0046] 100: 전력 조정 장치

100: 필터부

120: 정류부

130: 커패시터부

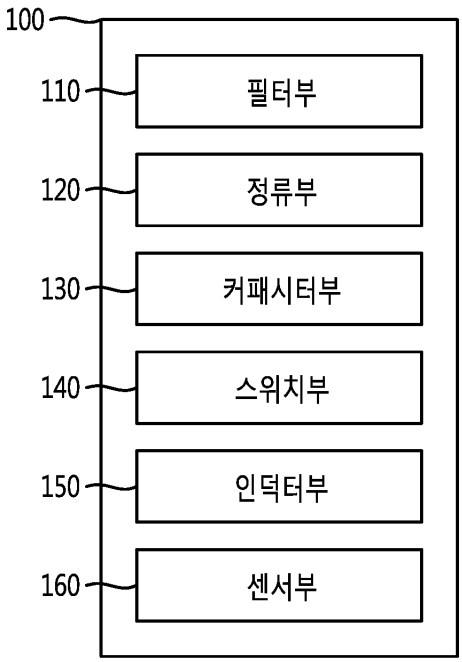
140: 스위치부

150: 인덕터부

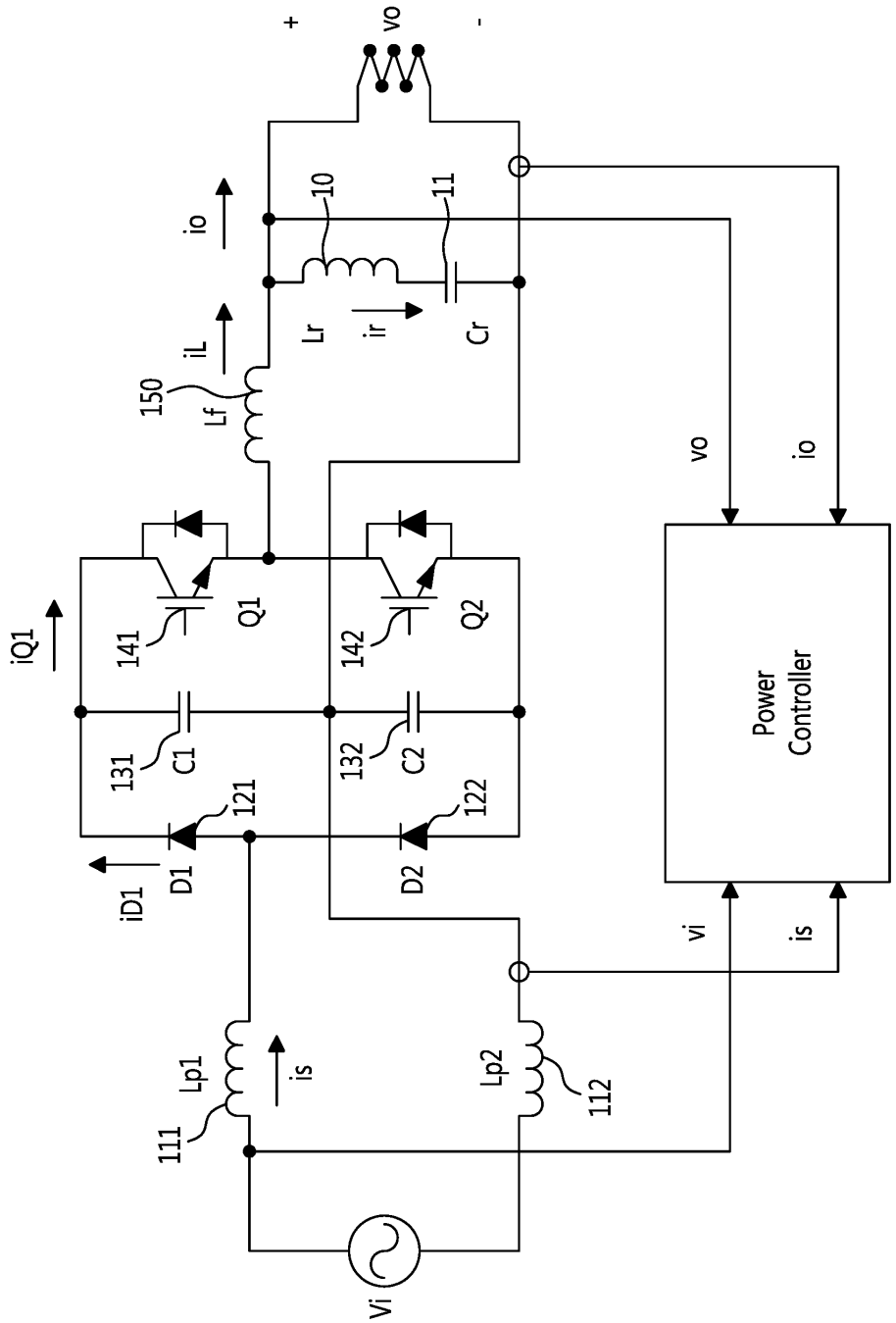
160: 센서부

도면

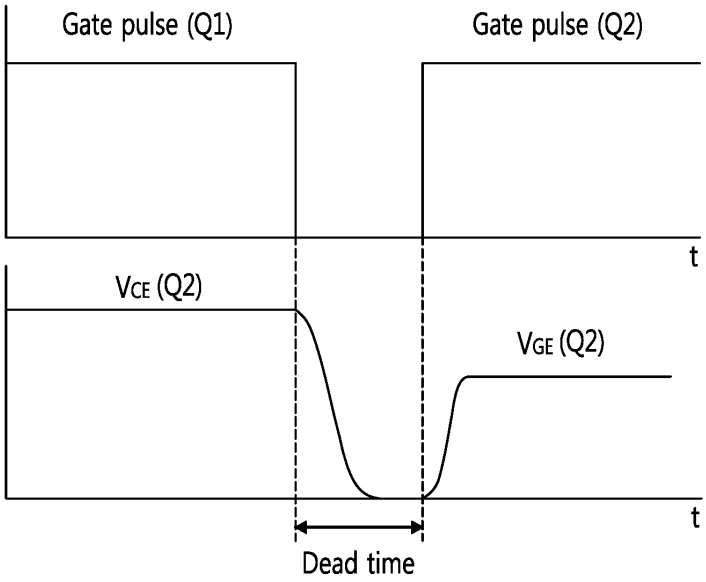
도면1



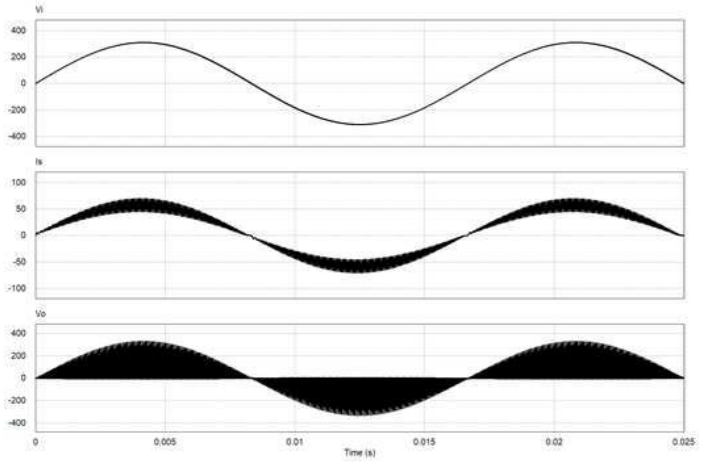
도면2


+
vo
-
io
10
11
Lr
ir
Cr
iL
150
Lf
vo
io
iQ1
141
Q1
142
Q2
Power
Controller
131
C1
132
C2
121
122
iD1
D1
D2
vi
is
Lp1
is
Lp2
111
112
Vi

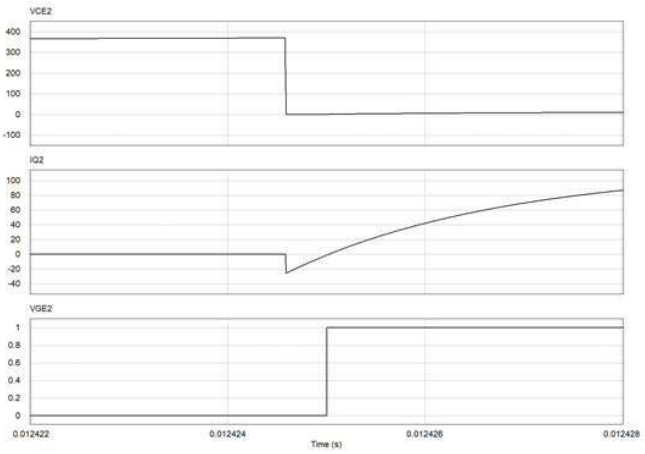
도면3


Gate pulse (Q1)
Gate pulse (Q2)
t
VCE (Q2)
VGE (Q2)
t
Dead time

도면4


Vi
Is
Vo
Time (s)

도면5


VCE2
IQ2
VGE2
Time (s)