



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0131250
(43) 공개일자 2014년11월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 3/155 (2006.01) H02M 3/135 (2006.01)
H02M 3/08 (2006.01) H02M 3/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0000461
(22) 출원일자 2014년01월02일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
1020130049978 2013년05월03일 대한민국(KR)

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
이준환
경기도 의왕시 내손순환로 7 (내손동, 래미안에
버하임아파트 305동1602호)
이민광
경기도 용인시 수지구 만현로 25 만현마을롯데캐
슬아파트 106동 904호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인세림

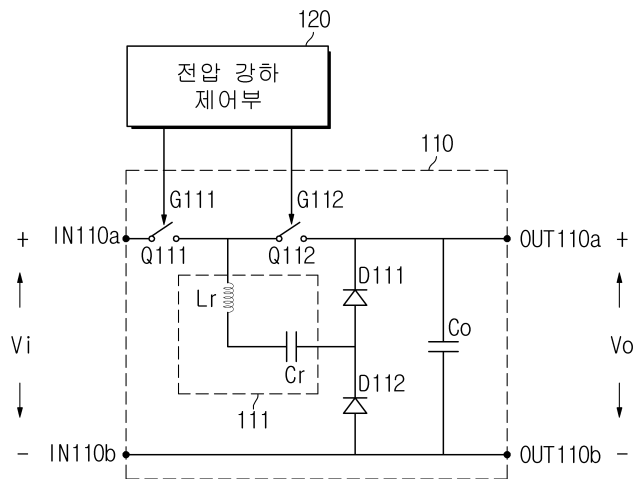
전체 청구항 수 : 총 24 항

(54) 발명의 명칭 전원 장치 및 이에 포함되는 전압 강하 회로

(57) 요약

전원을 정류하는 정류 회로부, 상기 정류된 전원의 전압을 평탄화하는 평활 회로부, 상기 평탄화된 전압을 전압 강하시키는 전압 강하 회로부를 포함하되, 상기 전압 강하 회로부는 상기 전압 강하된 전압을 출력하는 전하 저장 회로와 상기 평활 회로부로부터 제1 전류를 공급받고, 상기 전하 저장 회로에 제2 전류를 공급하는 공진회로와 상기 제1 전류와 상기 제2 전류를 제어하는 전류 단속 회로를 포함하는 전원 장치는 공진회로를 이용하여 전류가 흐르지 않는 시점에 스위칭을 수행하는 영전류 스위칭을 이용할 수 있다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

양순배

경기도 성남시 분당구 돌마로486번길 7 효자촌동아
아파트 209동 1305호

김재진

서울특별시 용산구 청과로47나길 39-17 201호

이동규

경기도 수원시 영통구 덕영대로1555번길 16(
영통동, 벽적골8단지아파트 823동 1204호)

주정석

경기도 화성시 영통로50번길 27 두산위브아파트
109동 1405호

특허청구의 범위

청구항 1

전원을 정류하는 정류 회로부;
상기 정류된 전원의 전압을 평탄화하는 평활 회로부;
상기 평탄화된 전압을 전압 강하시키는 전압 강하 회로부를 포함하되,
상기 전압 강하 회로부는,
상기 전압 강하된 전압을 출력하는 전하 저장 회로;
상기 평활 회로부로부터 제1 전류를 공급받고, 상기 전하 저장 회로에 제2 전류를 공급하는 공진회로;
상기 제1 전류와 상기 제2 전류를 제어하는 전류 단속 회로를 포함하는 전원 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 전류 단속 회로는,
상기 제1 전류 및 제2 전류를 단속하는 스위칭 회로;
상기 제1 전류 및 제2 전류를 정류하는 정류회로를 포함하는 전원 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 스위칭 회로는,
상기 제1 전류를 단속하는 제1 스위치;
상기 제2 전류를 단속하는 제2 스위치를 포함하는 전원 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,
상기 제1 스위치 및 상기 제2 스위치를 제어하는 전압 강하 제어부를 더 포함하는 전원 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 전압 강하 제어부는 상기 제1 스위치 및 제2 스위치를 교대로 개폐하는 전원 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,
상기 전압 강하 제어부는 상기 공진회로의 공진주기와 같은 주기로 상기 제1 스위치와 상기 제2 스위치를 개폐하는 전원 장치.

청구항 7

제2항에 있어서,
상기 정류회로는,
상기 제1 전류를 통과시키고 상기 제2 전류를 차단하는 제1 다이오드;

상기 제1 전류를 차단하고 상기 제2 전류를 통과시키는 제2 다이오드를 포함하는 전원 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 전류 단속 회로는, 상기 전하 저장 회로와 직렬 연결되는 스위칭 회로;

상기 전하 저장 회로와 병렬 연결되는 정류회로를 포함하는 전원 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 스위칭 회로는 서로 직렬로 연결되는 제1 스위치와 제2 스위치를 포함하는 전원 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 정류회로는 서로 직렬로 연결되는 제1 다이오드와 제2 다이오드를 포함하는 전원 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 공진 회로는 상기 제1 스위치와 상기 제2 스위치가 서로 연결되는 노드와 상기 제1 다이오드와 제2 다이오드가 서로 연결되는 노드 사이에 마련되는 전원 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 공진회로는 적어도 하나의 커패시터와 적어도 하나의 인덕터를 포함하는 전원 장치.

청구항 13

제2항에 있어서,

상기 전하 저장 회로를 초기 충전시키는 초기 충전 회로를 더 포함하는 전원 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 초기 충전 회로는 상기 전하 저장 회로의 일단과 상기 스위칭 회로의 일단 사이에 직렬로 마련되는 전원 장치.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 초기 충전 회로는,

상기 전하 저장 회로를 충전시키는 초기 충전 전류의 크기를 제한하는 충전 전류 제한 회로;

상기 전하 저장 회로에 공급되는 초기 충전 전류를 단속하는 제1 초기 충전 스위치를 포함하는 전원 장치.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 초기 충전 회로는 상기 공진 회로에 포함된 공진 커패시터에 공급되는 초기 충전 전류를 단속하는 제2 초기 충전 스위치를 더 포함하는 전원 장치.

청구항 17

전원의 전압을 강하시키는 전압 강하 회로에 있어서,
상기 전압 강하된 전압을 출력하는 전하 저장 회로부;
상기 전원으로부터 제1 전류를 공급받고, 상기 전하 저장 회로에 제2 전류를 공급하는 공진회로부;
상기 제1 전류 및 제2 전류를 단속하는 스위칭 회로부;
상기 전류 단속 회로는 상기 제1 전류 및 제2 전류를 정류하는 정류회로부를 포함하는 전압 강하 회로.

청구항 18

제17항에 있어서,
상기 스위칭 회로는,
상기 제1 전류를 단속하는 제1 스위치;
상기 제2 전류를 단속하는 제2 스위치를 포함하는 전압 강하 회로.

청구항 19

제18항에 있어서,
상기 제1 스위치 및 상기 제2 스위치를 제어하는 전압 강하 제어부를 더 포함하는 전압 강하 회로.

청구항 20

제19항에 있어서,
상기 전압 강하 제어부는 상기 제1 스위치 및 제2 스위치를 교대로 개폐하는 전압 강하 회로.

청구항 21

제20항에 있어서,
상기 전압 강하 제어부는 상기 공진회로의 공진주기와 같은 주기로 상기 제1 스위치와 상기 제2 스위치를 개폐하는 전압 강하 회로.

청구항 22

제17항에 있어서,
상기 정류회로부는,
상기 제1 전류를 통과시키고 상기 제2 전류를 차단하는 제1 다이오드;
상기 제1 전류를 차단하고 상기 제2 전류를 통과시키는 제2 다이오드를 포함하는 전압 강하 회로.

청구항 23

제17항에 있어서,
상기 전하 저장 회로를 초기 충전시키는 초기 충전 회로를 더 포함하는 전압 강하 회로.

청구항 24

제23항에 있어서,
상기 초기 충전 회로는,
상기 전하 저장 회로를 충전시키는 초기 충전 전류의 크기를 제한하는 충전 전류 제한 회로;
상기 전하 저장 회로에 공급되는 초기 충전 전류를 단속하는 제1 초기 충전 스위치를 포함하는 전압 강하 회로.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 스위칭 소실을 저감시키기 위한 전원 장치 및 이에 포함되는 전압 강하 회로에 관한 발명으로, 더욱 상세하게는 공진회로를 이용하여 영전류 스위칭하는 전원 장치 및 이에 포함되는 전압 강하 회로에 관한 발명이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 전압 강하 회로는 입력된 직류 전압을 전압 강하하여 입력된 전압보다 낮은 전압을 출력하는 회로를 의미한다.

[0003] 이와 같은 전압 강하 회로는 스위칭 소자, 인덕터 및 다이오드를 포함하는 벡 컨버터(Buck Converter)가 대표적이다. 벡 컨버터는 입력과 출력 사이에 스위칭 소자와 인덕터를 직렬로 연결하고, 다이오드를 입력 및 출력에 대하여 병렬로 연결한다. 벡 컨버터는 스위칭 소자를 턴온과 턴오프를 반복함으로써 입력 전압보다 낮은 전압을 출력한다.

[0004] 종래 벡 컨버터는 입력으로부터 출력 측으로 전류가 공급되는 동안에 스위칭 소자의 턴온과 턴오프를 반복하므로 큰 스위칭 손실이 발생하며, 인덕터에 한 방향으로 전류가 지속적으로 흐르므로 인덕터에서 큰 열이 발생하며 이를 배출시키기 위한 별도의 방열 장치가 요구된다.

발명의 내용

[0005] 상술한 문제를 해결하기 위하여 개시된 발명의 일 측면은 공진회로를 이용하여 전류가 흐르지 않는 시점에 스위칭을 수행하는 영전류 스위칭을 이용하는 개시된 전압 강하 회로를 제공하고자 한다.

[0006] 개시된 발명의 일 측면에 따른 전원 장치는 전원을 정류하는 정류 회로부, 상기 정류된 전원의 전압을 평탄화하는 평활 회로부, 상기 평탄화된 전압을 전압 강하시키는 전압 강하 회로부를 포함하되, 상기 전압 강하 회로부는 상기 전압 강하된 전압을 출력하는 전하 저장 회로와 상기 평활 회로부로부터 제1 전류를 공급받고, 상기 전하 저장 회로에 제2 전류를 공급하는 공진회로와 상기 제1 전류와 상기 제2 전류를 제어하는 전류 단속 회로를 포함할 수 있다.

[0007] 실시 형태에 따라 상기 전류 단속 회로는 상기 제1 전류 및 제2 전류를 단속하는 스위칭 회로, 상기 제1 전류 및 제2 전류를 정류하는 정류회로를 포함할 수 있다.

[0008] 실시 형태에 따라 상기 스위칭 회로는 상기 제1 전류를 단속하는 제1 스위치, 상기 제2 전류를 단속하는 제2 스위치를 포함할 수 있다.

[0009] 실시 형태에 따라 상기 전원 장치는 상기 제1 스위치 및 상기 제2 스위치를 제어하는 전압 강하 제어부를 더 포함할 수 있다.

[0010] 실시 형태에 따라 상기 전압 강하 제어부는 상기 제1 스위치 및 제2 스위치를 교대로 개폐할 수 있다.

[0011] 실시 형태에 따라 상기 전압 강하 제어부는 상기 공진회로의 공진주기와 같은 주기로 상기 제1 스위치와 상기 제2 스위치를 개폐할 수 있다.

[0012] 실시 형태에 따라 상기 정류회로는 상기 제1 전류를 통과시키고 상기 제2 전류를 차단하는 제1 다이오드, 상기 제1 전류를 차단하고 상기 제2 전류를 통과시키는 제2 다이오드를 포함할 수 있다.

[0013] 실시 형태에 따라 상기 전류 단속 회로는 상기 전하 저장 회로와 직렬 연결되는 스위칭 회로, 상기 전하 저장 회로와 병렬 연결되는 정류회로를 포함할 수 있다.

[0014] 실시 형태에 따라 상기 스위칭 회로는 서로 직렬로 연결되는 제1 스위치와 제2 스위치를 포함할 수 있다.

[0015] 실시 형태에 따라 상기 정류회로는 서로 직렬로 연결되는 제1 다이오드와 제2 다이오드를 포함할 수 있다.

[0016] 실시 형태에 따라 상기 공진 회로는 상기 제1 스위치와 상기 제2 스위치가 서로 연결되는 노드와 상기 제1 다이오드와 제2 다이오드가 서로 연결되는 노드 사이에 마련될 수 있다.

- [0017] 실시 형태에 따라 상기 공진회로는 적어도 하나의 커패시터와 적어도 하나의 인덕터를 포함할 수 있다.
- [0018] 실시 형태에 따라 상기 전원 장치는 상기 전하 저장 회로를 초기 충전시키는 초기 충전 회로를 더 포함할 수 있다.
- [0019] 실시 형태에 따라 상기 초기 충전 회로는 상기 전하 저장 회로의 일단과 상기 스위칭 회로의 일단 사이에 직렬로 마련될 수 있다.
- [0020] 실시 형태에 따라 상기 초기 충전 회로는 상기 전하 저장 회로를 충전시키는 초기 충전 전류의 크기를 제한하는 충전 전류 제한 회로, 상기 전하 저장 회로에 공급되는 초기 충전 전류를 단속하는 제1 초기 충전 스위치를 포함할 수 있다.
- [0021] 실시 형태에 따라 상기 초기 충전 회로는 상기 공진 회로에 포함된 공진 커패시터에 공급되는 초기 충전 전류를 단속하는 제2 초기 충전 스위치를 더 포함할 수 있다.
- [0022] 개시된 발명의 다른 일 측면에 따른 전압 강하 회로는 전원의 전압을 강하시키는 전압 강하 회로에 있어서, 상기 전압 강하된 전압을 출력하는 전하 저장 회로부, 상기 전원으로부터 제1 전류를 공급받고, 상기 전하 저장 회로에 제2 전류를 공급하는 공진회로부, 상기 제1 전류 및 제2 전류를 단속하는 스위칭 회로부, 상기 전류 단속 회로는 상기 제1 전류 및 제2 전류를 정류하는 정류회로부를 포함할 수 있다.
- [0023] 실시 형태에 따라 상기 스위칭 회로는 상기 제1 전류를 단속하는 제1 스위치, 상기 제2 전류를 단속하는 제2 스위치를 포함할 수 있다.
- [0024] 실시 형태에 따라 상기 전압 강하 회로는 상기 제1 스위치 및 상기 제2 스위치를 제어하는 전압 강하 제어부를 더 포함할 수 있다.
- [0025] 실시 형태에 따라 상기 전압 강하 제어부는 상기 제1 스위치 및 제2 스위치를 교대로 개폐할 수 있다.
- [0026] 실시 형태에 따라 상기 전압 강하 제어부는 상기 공진회로의 공진주기와 같은 주기로 상기 제1 스위치와 상기 제2 스위치를 개폐할 수 있다.
- [0027] 실시 형태에 따라 상기 정류회로는 상기 제1 전류를 통과시키고 상기 제2 전류를 차단하는 제1 다이오드, 상기 제1 전류를 차단하고 상기 제2 전류를 통과시키는 제2 다이오드를 포함할 수 있다.
- [0028] 실시 형태에 따라 상기 전압 강하 회로는 상기 전하 저장 회로를 초기 충전시키는 초기 충전 회로를 더 포함할 수 있다.
- [0029] 실시 형태에 따라 상기 초기 충전 회로는 상기 전하 저장 회로를 충전시키는 초기 충전 전류의 크기를 제한하는 충전 전류 제한 회로, 상기 전하 저장 회로에 공급되는 초기 충전 전류를 단속하는 제1 초기 충전 스위치를 포함할 수 있다.
- [0030] 개시된 발명의 일 측면에 따르면, 공진회로를 이용하여 전류가 흐르지 않는 시점에 스위칭을 수행하는 영전류 스위칭을 이용하는 개선된 전압 강하 회로를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 외부 전원으로부터 공급되는 전원을 변환하여 모터를 구동하는 장치를 도시한다.
- 도 2는 도 1에 도시된 구동장치의 일 예와 모터를 도시한다.
- 도 3은 도 1에 도시된 외부 전원과 일 실시예 의한 전원 장치를 도시한다.
- 도 4는 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부를 도시한다.
- 도 5는 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제1 동작 모드로 동작할 때 전류의 흐름을 도시한다.
- 도 6은 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제1 동작 모드로 동작할 때 전하 저장 회로에 공급되는 전류의 크기를 도시한다.
- 도 7은 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제2 동작 모드로 동작할 때 전류의 흐름을 도시한다.
- 도 8은 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제2 동작 모드로 동작할 때 전하 저장 회로에 공급되는 전류의 크기를 도시한다.

도 9는 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제1 동작 모드로 동작할 때 전압 강하 회로부에 인가되는 전압의 직류 성분을 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제2 동작 모드로 동작할 때 전압 강하 회로부에 인가되는 전압의 직류 성분을 설명하기 위한 도면이다.

도 11은 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제1 동작 모드로 동작할 때 전압 강하 회로부에 흐르는 전류 및 출력 전압을 설명하기 위한 도면이다.

도 12는 일 실시예에 의한 전압 강하 제어부의 전압 강하 제어 신호의 일 예에 따른 전압 강하 회로부의 전류 및 전압을 도시한다.

도 13은 일 실시예에 의한 전압 강하 제어부의 전압 강하 제어 신호의 다른 일 예에 따른 전압 강하 회로부의 전류를 도시한다.

도 14는 일 실시예에 의한 전압 강하 제어부의 전압 강하 제어 신호의 또 다른 일 예에 따른 전압 강하 회로부의 전류를 도시한다.

도 15는 일 실시예에 의한 전압 강하 제어부의 전압 강하 제어 신호의 또 다른 일 예에 따른 전압 강하 회로부의 전류를 도시한다.

도 16은 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부를 도시한다.

도 17은 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제1 동작 모드로 동작할 때 전류의 흐름을 도시한다.

도 18은 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제2 동작 모드로 동작할 때 전류의 흐름을 도시한다.

도 19는 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제1 동작 모드로 동작할 때 전압 강하 회로부에 인가되는 전압의 직류 성분을 설명하기 위한 도면이다.

도 20은 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제2 동작 모드로 동작할 때 전압 강하 회로부에 인가되는 전압의 직류 성분을 설명하기 위한 도면이다.

도 21은 또 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부를 도시한다.

도 22는 또 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부를 도시한다.

도 23은 도 22에 도시된 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 24은 초기 충전 동작 시의 도 22에 도시된 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 25은 정상 동작 시의 도 22에 도시된 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 26는 또 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부를 도시한다.

도 27은 도 26에 도시된 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 28는 또 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 개시된 발명의 바람직한 예에 불과할 뿐이며, 본 출원의 출원시점에 있어서 본 명세서의 실시예와 도면을 대체할 수 있는 다양한 변형 예들이 있음을 이해하여야 한다.
- [0033] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 실시예에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0034] 도 1은 외부 전원으로부터 공급되는 전원을 변환하여 모터를 구동하는 장치를 도시한다.
- [0035] 도 1을 참조하면, 외부 전원(1), 전원 장치(10), 구동장치(50) 및 모터(2)이 구비될 수 있다.
- [0036] 외부 전원(1)은 가정용으로 이용되는 단상 교류 전원 또는 산업용으로 이용되는 3상 교류 전원을 채용할 수 있으며, 태양광 발전기 등을 통하여 공급되는 직류 전원을 채용할 수도 있다.

- [0037] 전원 장치(10)는 외부 전원(1)으로부터 제공되는 교류 전압 및 교류 전류를 직류 전압 및 직류 전류로 변환하고, 변환된 직류 전압을 구동장치(50)에서 요구되는 전압으로 강하시킨다.
- [0038] 구동장치(50)는 전원 장치(10)로부터 제공되는 직류 전압 및 직류 전류를 변환하여 모터(2)를 구동하기 위한 구동 전류를 생성하고, 생성된 구동 전류를 모터(2)에 공급한다.
- [0039] 모터(2)는 구동장치(50)로부터 구동전류를 공급받고, 회전자(미도시)와 고정자(미도시) 사이의 상호작용을 통하여 부하(미도시)를 회전시킨다. 이와 같은 모터(2)는 세탁기, 냉장고 또는 공기조화기 등의 가전기에 이용되는 모터일 뿐만 아니라, 산업용으로 이용되는 모터일 수도 있다.
- [0040] 이하에서는 설명의 편의를 위하여 외부 전원(1)은 3상 교류 전원임을 가정하고, 모터(2)는 3상 모터임을 가정한다.
- [0041] 도 2는 도 1에 도시된 구동장치의 일 예와 모터를 도시한다.
- [0042] 도 2를 참조하면, 구동장치(50)는 후술할 전원 장치(10)로부터 직류 전원을 공급받아 모터(2)를 구동하기 위한 구동 전류를 생성하는 구동 회로부(60)와 모터(2)에 공급되는 구동전류를 기초로 구동 회로부(60)에 구동 제어 신호를 제공하는 구동제어부(70)를 포함한다.
- [0043] 구동 회로부(60)는 후술할 전원 장치(10)로부터 직류 전원을 공급받기 위한 2개의 입력단자(IN60a, IN60b), 모터(2)에 구동전류를 공급하기 위한 3개의 출력단자(OUT60a, OUT60b, OUT60c), 모터(2)에 공급되는 구동전류를 생성하기 위한 6개의 스위치(Q61, Q65, Q62, Q66, Q63, Q67)를 포함한다.
- [0044] 구체적으로, 도 2에 도시된 바와 같이 양의 입력단자(IN60a)에 3개의 상단 스위치(Q61, Q62, Q63)가 병렬로 연결되며, 음의 입력단자(IN60b)에 3개의 하단 스위치(Q65, Q66, Q67)가 병렬 연결된다. 또한, 3개의 상단 스위치(Q61, Q62, Q63)와 3개의 하단 스위치(Q65, Q66, Q67)가 일대일로 직렬 연결되며, 3개의 상단 스위치(Q61, Q62, Q63)와 3개의 하단 스위치(Q65, Q66, Q67)가 일대일로 직렬 연결되는 3개의 연결 노드는 구동 회로부(60)의 3개의 출력단자(OUT60a, OUT60b, OUT60c)와 각각 연결된다.
- [0045] 이와 같은 구동 회로부(60)는 양의 입력단자(IN60a)에 병렬 연결되는 3개의 상단 스위치(Q61, Q62, Q63) 중 어느 하나의 스위치와 음의 입력단자(IN60b)에 병렬 연결되는 3개의 하단 스위치(Q65, Q66, Q67) 중 어느 하나의 스위치를 미리 정해진 순서대로 턴온시켜 모터(2)에 구동전류를 공급한다.
- [0046] 구동제어부(70)는 모터(2)에 공급되는 구동전류를 기초로 구동 회로부(60)의 상단 스위치(Q61, Q62, Q63) 중 어느 하나의 스위치와 하단 스위치(Q65, Q66, Q67) 중 어느 하나의 스위치를 턴온시키는 구동 제어 신호를 구동 회로부(60)에 제공한다. 구체적으로, 모터(2)에 공급되는 구동전류를 검출하고, 검출된 구동전류를 기초로 모터(2)의 회전자(미도시)의 위치를 추정하고, 추정된 회전자(미도시)의 위치에 따라 모터(2)의 회전자가 미리 정해진 속도로 회전하도록 구동 제어 신호를 생성하고, 생성된 구동 제어 신호를 구동 회로부(60)에 제공한다.
- [0047] 구동 회로부(50)에 포함되는 복수의 스위치(Q61-Q63, Q65-Q67)은 고전압 대전류를 차단 또는 도통시키기 위한 절연 게이트 양극성 트랜지스터(Insulated Gate Bipolar Transistor: IGBT) 또는 전계 효과 트랜지스터(Field Effect Transistor: FET)를 채용할 수 있다.
- [0048] 구동 회로부(50)는 2레벨 인버터(inverter)를 예시하였으나, 구동 회로부(60)가 2레벨 인버터(inverter)에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 구동장치(50)는 멀티 레벨 다이오드 클램프드 인버터(multi-level diode clamped inverter) 또는 멀티 레벨 T타입 중립점 클램프드 인버터(multi-level T-type neutral point clamped inverter)를 포함할 수 있다.
- [0049] 도 3은 도 1에 도시된 외부 전원과 일 실시예 의한 전원 장치를 도시한다.
- [0050] 도 3을 참조하면, 전원 장치(10)는 외부 전원(1)으로부터 제공되는 교류 전압 및 교류 전류를 직류 전압 및 직류 전류로 정류하는 정류 회로부(20), 정류 회로부(20)로부터 제공되는 직류 전압의 리플을 제거하는 평활 회로부(30), 리플이 제거된 직류 전압을 강하시키는 전압 강하 회로부(110), 전압 강하 회로부(110)에 전압 강하 제어 신호를 제공하는 전압 강하 제어부(120)를 포함한다.
- [0051] 정류 회로부(20)는 외부 전원(1)으로부터 교류 전원을 공급받기 위한 3개의 입력단자(IN20a, IN20b, IN20c), 정류된 전압과 전류를 평활 회로부(30)에 제공하기 위한 2개의 출력단자(OUT20a, OUT20b), 브리지(bridge)의 형태로 연결된 6개의 다이오드(D21, D22, D23, D25, D26, D27)를 포함한다.

- [0052] 구체적으로, 도 3에 도시된 바와 같이 양의 출력단자(OUT20a)에 3개의 상단 다이오드(D21, D22, D23)가 병렬로 연결되며, 음의 출력단자(OUT20b)에 3개의 하단 다이오드(D25, D26, D27)가 병렬로 연결된다. 또한, 3개의 상단 다이오드(D21, D22, D23)와 3개의 하단 다이오드(D25, D26, D27)가 일대일로 직렬 연결되며, 3개의 상단 다이오드(D21, D22, D23)와 3개의 하단 다이오드(D25, D26, D27)가 일대일로 직렬 연결되는 3개의 연결 노드는 정류 회로부(20)의 입력단자(IN20a, IN20b, IN20c)와 각각 연결된다. 여기서, 6개의 다이오드(D21, D22, D23, D25, D26, D27)는 외부 전원(1)으로부터 제공되는 전압이 한 방향으로만 공급되고 전류가 한 방향으로만 흐르도록 배치된다.
- [0053] 외부 전원(1)으로부터 공급되는 양의 전압은 상단 다이오드(D21, D22, D23)를 거쳐 양의 출력단자(OUT20a)로 출력되며, 외부전원(1)으로부터 공급되는 음의 전압은 하단 다이오드(D25, D26, D27)를 거쳐 음의 출력단자(OUT20b)로 출력된다. 또한, 외부 전원(1)으로부터 공급되는 전류는 상단 다이오드(D21, D22, D23)를 거쳐 정류 회로부(20)의 양의 출력단자(OUT20a)로 공급되며, 외부 전원(1)으로 정류 회로부(20)의 음의 출력단자(OUT20b)를 통하여 회귀하는 전류는 정류 회로부(20)의 하단 다이오드(D25, D26, D27)를 거쳐 회귀한다. 즉, 외부 전원(1)으로부터 교류 전압 및 교류 전류가 공급되더라도 정류 회로부(20)는 한 방향으로 인가되는 직류 전압 및 한 방향으로 흐르는 직류 전류를 출력할 수 있다.
- [0054] 정류 회로부(20)는 3상 다이오드 브리지(3-phase diode bridge)를 예시하였으나, 정류 회로부(20)가 3상 다이오드 브리지에 한정되는 것은 아니다.
- [0055] 정류 회로부(20)에서 출력되는 직류 전압 및 직류 전류는 평활 회로부(30)로 공급된다.
- [0056] 도 3에 도시된 바와 같이 평활 회로부(30)는 정류 회로부(20)로부터 리플을 포함하는 직류 전압을 공급받는 한 쌍의 입력단자(IN30a, IN30b), 평활된 직류 전압을 출력하는 한 쌍의 출력단자(OUT30a, OUT30b), 정류 회로부(20)로부터 제공된 직류 전류를 통하여 전하를 저장하는 콘덴서(C31)를 포함한다.
- [0057] 외부 전원(1)에서 정현파 형태의 교류 전압이 공급되므로 정류 회로부(20)에 의하여 정류되더라도 정류 회로부(20)에서 출력되는 전압은 많은 리플(ripple)을 포함한다. 평활 회로부(30)의 콘덴서(C31)는 다량의 전하를 저장함으로써 콘덴서(C31) 양단의 전압이 일정하게 유지시킨다. 그 결과 입력단자(IN30a, IN30b)를 통하여 리플이 포함된 직류 전압이 입력되더라도 평활 회로부(30)는 출력단자(OUT30a, OUT30b)를 통하여 리플이 제거된 전압을 출력할 수 있다.
- [0058] 평활 회로부(30)에서 출력되는 직류 전압 및 직류 전류는 전압 강하 회로부(110)로 공급된다.
- [0059] 평활 회로부(30)는 콘덴서를 예시하였으나, 평활 회로부(30)가 콘덴서에 한정되는 것은 아니다.
- [0060] 또한, 도 3에 도시된 전원 장치(10)는 정류 회로부(20), 평활 회로부(30) 및 전압 강하 회로부(110)를 예시하였으나 이에 한정되는 것은 아니다. 예들 들어, 외부 전원(1)의 역률(power factor)을 개선시키는 역률 보정(power factor correction: PFC) 회로를 더 포함할 수 있다.
- [0061] 전압 강하 회로부(110) 및 전압 강하 제어부(120)에 대해서는 아래에서 자세하게 설명한다.
- [0062] 도 4는 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부를 도시한다.
- [0063] 도 4를 참조하면, 전압 강하 회로부(110)는 직류 전원을 입력받는 한 쌍의 입력단자(IN110a, IN110b)와 전압 강하된 직류 전원을 출력하는 한 쌍의 출력단자(OUT110a, OUT110b) 사이에 직렬 연결되는 제1 스위치(Q111) 및 제2 스위치(Q112), 한 쌍의 출력단자(OUT110a, OUT110b)와 병렬로 연결되는 전하 저장 회로(Co), 전하 저장 회로(Co)의 양단 사이에 직렬 연결되는 제1 다이오드(D111) 및 제2 다이오드(D112), 제1 스위치(Q111)와 제2 스위치(Q112)가 연결되는 노드와 제1 다이오드(D111)와 제2 다이오드(D112)가 연결되는 노드 사이에 마련되는 공진회로(111)를 포함한다.
- [0064] 제1 스위치(Q111) 및 제2 스위치(Q112)는 입력단자(IN110a, IN110b)로부터 출력단자(OUT110a, OUT110b)로 전달되는 전류를 단속한다. 구체적으로, 제1 스위치(Q111)는 입력단자(IN110a, IN110b)로부터 공진회로(111)로 공급되는 전류를 단속하며, 제2 스위치(Q112)는 공진회로(111)로부터 전하 저장 회로(Co)로 공급되는 전류를 단속한다.
- [0065] 이와 같은 제1 스위치(Q111)와 제2 스위치(Q112)는 고전압 대전류를 차단 또는 도통시키기 위한 절연 게이트 양극성 트랜지스터(Insulated Gate Bipolar Transistor: IGBT) 또는 전력 전계 효과 트랜지스터(Power Field Effect Transistor: Power FET)를 채용할 수 있다.

- [0066] 공진회로(111)는 자기 에너지를 저장하는 공진 인덕터(Lr)와 전기 에너지를 저장하는 공진 커패시터(Cr)를 포함하며, 공진 인덕터(Lr)와 공진 커패시터(Cr)는 직렬로 연결된다. 구체적으로, 공진 인덕터(Lr)와 공진 커패시터(Cr)는 입력단자(IN110a, IN110b)로부터 전류를 공급받아 자기 에너지와 전기 에너지를 저장하고, 저장된 자기 에너지와 전기 에너지를 통하여 전하 저장 회로(Co)에 전하를 공급한다.
- [0067] 제1 다이오드(D111)와 제2 다이오드(D112)는 전하가 전하 저장 회로(Co)로 공급되도록 전류를 안내한다. 구체적으로, 제1 다이오드(D111)는 입력단자(IN110a, IN110b)으로부터 전류가 전하 저장 회로(Co)로 공급되도록 하며, 제2 다이오드(D112)는 공진회로(111)로부터 전류가 전하 저장 회로(Co)로 공급되도록 한다.
- [0068] 전하 저장 회로(Co)는 입력단자(IN110a, IN110b)로부터 공급되는 전류를 통하여 전하를 저장하고, 저장된 전하를 통하여 입력단자(IN110a, IN110b)에 인가된 전하에 비하여 강화된 전압이 출력단자(OUT110a, OUT110b)로 출력되도록 한다.
- [0069] 전하강하 제어부(120)는 전압 강하 회로부(110)가 미리 정해진 전압을 출력하도록 전압 강하 회로부(110)에 포함된 제1 스위치(Q111)와 제2 스위치(Q112)의 개폐를 제어하는 제1 전압 강하 제어 신호와 제2 전압 강하 제어 신호를 생성하고, 생성된 제1 전압 강하 제어 신호와 제2 전압 강하 제어 신호를 전압 강하 회로부(110)에 제공한다.
- [0070] 전하강하 제어부(120)의 제어 신호에 따라 전압 강하 회로부(110)는 2개의 모드로 동작할 수 있다. 구체적으로, 전압 강하 회로부(110)는 제1 스위치(Q111)가 폐쇄되고 제2 스위치(Q112)가 개방된 제1 동작 모드와 제1 스위치(Q111)가 개방되고 제2 스위치(Q112)가 폐쇄된 제2 동작 모드로 동작할 수 있다.
- [0071] 우선, 전압 강하 회로부(110)에 의하여 수행되는 전압 강하에 대하여 설명한다.
- [0072] 도 5는 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제1 동작 모드로 동작할 때 전압 강하 회로부에 인가되는 전압의 직류 성분을 설명하기 위한 도면이고, 도 6은 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제2 동작 모드로 동작할 때 전압 강하 회로부에 인가되는 전압의 직류 성분을 설명하기 위한 도면이다.
- [0073] 전압 강하 회로부(110)가 제1 동작 모드로 동작하는 경우 제1 스위치(Q111) 및 제1 다이오드(D111)에 인가되는 전압은 매우 작으므로 무시할 수 있으며, 전압 강하 회로부(110)에 인가되는 전압의 직류 성분만을 고려하면 공진회로(111)의 공진 인덕터(Lr) 역시 무시할 수 있다. 따라서, 전압 강하 회로부(110)는 도 9에 도시된 바와 같이 공진회로(111)의 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co)로 구성된 간단한 회로가 된다.
- [0074] 전압 강하 회로부(110)에 입력되는 입력 전압(Vi)은 공진 커패시터(Cr)에 인가되는 전압(VCr)과 전하 저장 회로(Co)에 인가되는 전압(VCo)의 합과 같으며, 전압 강하 회로부(110)가 출력하는 출력 전압(Vo)은 전하 저장 회로(Co)에 인가되는 전압(VCo)과 같다.
- [0075] 또한, 전압 강하 회로부(110)가 제2 동작 모드로 동작하는 경우 역시 전압 강하 회로부(110)는 도 10에 도시된 바와 같이 공진회로(111)의 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co)로 구성된 간단한 회로가 된다.
- [0076] 이때, 전압 강하 회로부(110)가 출력하는 출력 전압(Vo)과 전하 저장 회로(Co)에 인가되는 전압(VCo)과 공진 커패시터(Cr)에 인가되는 전압(VCr)은 모두 같다.
- [0077] 또한, 공진 커패시터(Cr)는 공진회로(111)를 구성하므로, 제1 동작 모드와 제2 동작 모드에서 공진 커패시터(Cr)에 인가되는 전압(VCr)의 직류 성분은 변화가 없다.
- [0078] 따라서, 제1 동작 모드에서 공진 커패시터(Cr)에 인가되는 전압(VCr)과 전하 저장 회로(Co)에 인가되는 전압(VCo)은 서로 동일하며, 전압 강하 회로부(110)는 전압 강하 회로부(110)의 입력전압(Vi)의 절반의 전압을 출력한다.
- [0079] 이하에서는 전압 강하 회로부(110)가 제1 동작 모드와 제2 동작 모드로 동작할 때 전압 강하 회로부(110)에서의 전류의 흐름에 대하여 설명한다.
- [0080] 도 7는 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제1 동작 모드로 동작할 때 전류의 흐름을 도시하고, 도 8은 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제1 동작 모드로 동작할 때 전하 저장 회로에 공급되는 전류의 크기를 도시한다.
- [0081] 제1 스위치(Q111)가 폐쇄되고 제2 스위치(Q112)가 개방되면, 도 7에 도시된 바와 같이 양의 입력단자(IN110a)로부터 전하 저장 회로(Co)로 전류가 공급된다. 구체적으로, 양의 입력단자(IN110a)로부터 입력되는 전류는 폐쇄

된 제1 스위치(Q111)와 공진회로(111)의 공진 인덕터(Lr) 및 공진 커패시터(Cr)와 제1 다이오드(D111)를 통과하여 전하 저장 회로(Co)에 공급된다.

- [0082] 따라서, 양의 입력단자(IN110a)에서 제공되는 전류, 공진회로(111)에 흐르는 전류, 전하 저장 회로(Co)에 공급되는 전류는 같다. 다시 말해, 상술한 바와 같이 공진 인덕터(Lr)에 흐르는 전류는 공진 커패시터(Cr) 뿐만 아니라 전하 저장 회로(Co)에도 제공되며, 전원 회로부(10, 도 2 참조)로부터 공급되는 전기 에너지는 공진 커패시터(Cr) 뿐만 아니라 전하 저장 회로(Co)에도 공급된다.
- [0083] 또한, 양의 입력단자(IN110a)로부터 입력되는 전류가 공진회로(111)의 공진 인덕터(Lr) 및 공진 커패시터(Cr)를 통과하는 동안 공진 인덕터(Lr)에 흐르는 전류는 증가했다가 감소하고, 공진 커패시터(Cr) 양단의 전압은 높아진다.
- [0084] 도 8에 도시된 바와 같이 공진회로(111)에 흐르는 전류(ILr)는 제1 스위치(Q111)이 폐쇄된 이후 전류(ILr)의 크기가 최고점에 도달하는 t1까지는 서서히 증가하다가, 전류(ILr)의 크기가 최고점에 도달한 이후 t2까지는 서서히 감소한다.
- [0085] 구체적으로, 제1 동작 모드에서 공진 인덕터(Lr)에는 양의 입력단자(IN110a)로부터 전하 저장 회로(Co)를 향하는 전류가 흐른다. 상술한 바와 같이 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co) 각각에는 각각 입력 전압(Vi)의 절반에 해당하는 전압을 출력한다. 그러나, 후술할 제2 동작 모드에 의하여 공진 커패시터(Cr)의 전압이 낮아져 있으므로 입력 전압(Vi)이 공진 커패시터(Cr)의 전압과 전하 저장 회로(Co)의 전압의 합보다 높다. 따라서, 전류는 양의 입력단자(IN110a)로부터 전하 저장 회로(Co)를 향하여 흐른다.
- [0086] 또한, 전류의 변화를 방해하는 공진 인덕터(Lr)의 특성에 의하여 공진 인덕터(Lr)에 흐르는 전류는 급격하게 증가하지 못하고 서서히 증가한다.
- [0087] 공진 인덕터(Lr)에 흐르는 전류와 같은 전류가 공진 커패시터(Cr)에도 흐르며, 전류가 흐르는 동안 공진 커패시터(Cr)에는 전기 에너지가 축적되어 공진 커패시터(Cr)의 전압은 높아진다.
- [0088] 공진 커패시터(Cr)의 전압이 높아져서 공진 커패시터(Cr)의 전압과 전하 저장 회로(Co)의 전압의 합이 입력 전압(Vi) 보다 높아지면, 공진 인덕터(Lr) 양단에 전류 방향과 반대 방향의 전압이 인가되므로 공진 인덕터(Lr)에 흐르는 전류는 서서히 감소한다. 다만, 공진 인덕터(Lr)에 흐르는 전류는 "0" 이하로는 감소하지 않는다. 이는 제1 다이오드(D111)가 반대 방향의 전류가 흐르는 것을 방지하기 때문이다.
- [0089] 도 9은 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제2 동작 모드로 동작할 때 전류의 흐름을 도시하고, 도 10은 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제2 동작 모드로 동작할 때 전하 저장 회로에 공급되는 전류의 크기를 도시한다.
- [0090] 제1 스위치(Q111)가 개방되고 제2 스위치(Q112)가 폐쇄되면, 도 9에 도시된 바와 같이 공진회로(111)의 공진 커패시터(Cr)로부터 전하 저장 회로(Co)로 전류가 공급된다. 다시 말해, 공진 인덕터(Lr)에 흐르는 전류는 공진 커패시터(Cr)로부터 전하 저장 회로(Co)에도 제공되는 전류이며, 공진 커패시터(Cr)로부터 전하 저장 회로(Co)로 전기 에너지가 공급된다.
- [0091] 구체적으로, 공진회로(111)의 공진 커패시터(Cr)에서 제공되는 전류는 공진회로(111)의 공진 인덕터(Lr)와 제2 스위치(Q112)를 통과하여 전하 저장 회로(Co)으로 공급되며, 제2 다이오드(D112)를 통하여 공진회로(111)의 공진 커패시터(Cr)로 회귀한다. 즉, 전류가 공진회로(111)에 대해서는 제1 동작 모드와 반대방향으로 흐르며, 전하 저장 회로(Co)에 대해서는 제1 동작 모드와 같은 방향으로 흐른다.
- [0092] 도 10에 도시된 바와 같이 공진회로(111)에 흐르는 전류는 제2 스위치(Q112)이 폐쇄된 이후 전류(ILr)는 최저점에 도달하는 t3까지는 제1 동작 모드와 반대 방향으로 서서히 증가하다가, 전류(ILr)의 크기가 제1 동작 모드와 반대 방향으로 최고점에 도달한 이후 t4까지는 서서히 감소한다.
- [0093] 구체적으로, 제2 동작 모드에서 공진 인덕터(Lr)에는 공진 커패시터(Cr)로부터 전하 저장 회로(Co)를 향하는 전류가 흐른다. 상술한 바와 같이 제1 동작 모드에 의하여 공진 커패시터(Cr)의 전압이 높아져 있으므로 공진 커패시터(Cr)의 전압은 전하 저장 회로(Co)의 전압보다 높다. 따라서, 전류는 공진 커패시터(Cr)로부터 전하 저장 회로(Co)를 향하여 흐른다.
- [0094] 또한, 전류의 변화를 방해하는 공진 인덕터(Lr)의 특성에 의하여 공진 인덕터(Lr)에 흐르는 전류의 크기는 급격하게 증가하지 못하고 서서히 증가한다.

[0095] 공진 인덕터(Lr)에 흐르는 전류와 같은 전류가 공진 커패시터(Cr)에도 흐르며, 전류가 흐르는 동안 공진 커패시터(Cr)에는 전기 에너지가 방출되므로 공진 커패시터(Cr)의 전압은 낮아진다.

[0096] 공진 커패시터(Cr)의 전압이 낮아져서 공진 커패시터(Cr)의 전압이 전하 저장 회로(Co)의 전압보다 낮아지면, 공진 인덕터(Lr) 양단에 전류 방향과 반대 방향의 전압이 인가되므로 공진 인덕터(Lr)에 흐르는 전류의 크기는 서서히 감소한다.

[0097] 다만, 공진 인덕터(Lr)에 흐르는 전류는 "0" 이하로는 감소하지 않는다. 이는 제2 다이오드(D113)가 반대 방향의 전류가 흐르는 것을 방지하기 때문이다.

[0098] 이하에서는 전압 강하 회로부(110)의 시간에 따른 출력 전압의 변화를 설명한다.

[0099] 도 11은 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제1 동작 모드로 동작할 때 전압 강하 회로부에 흐르는 전류 및 출력 전압을 설명하기 위한 도면이다.

[0100] 우선, 공진 커패시터(Cr)와 공진 인덕터(Lr)의 전류 전압 관계를 살펴보면 공진 커패시터(Cr)에 흐르는 전류(iCr)과 공진 커패시터(Cr) 양단에 인가되는 전압(vCr)은 수학식 1와 같은 관계를 가지며, 이를 공진 커패시터(Cr) 양단에 인가되는 전압(vCr)에 대하여 풀면 수학식 2와 같이 된다.

[0101] [수학식 1]

$$i_{Cr} = C_r \frac{dv_{Cr}}{dt}$$

[0102]

[0103] (단, iCr은 커패시터에 흐르는 전류, Cr은 커패시터의 커패시턴스 값, vCr은 커패시터 양단에 인가되는 전압, d/dt는 미분연산자이다.)

[0104] [수학식 2]

$$V_{Cr} = \frac{1}{C_r} \int i_{Cr} dt + V_x$$

[0105]

[0106] (단, Vcr은 커패시터에 인가되는 전압, Cr은 커패시턴스, icr은 커패시터에 흐르는 전류, ∫ dt는 적분연산자, Vx는 커패시터에 인가되는 전압의 직류 성분이다.)

[0107] 여기서, ∫ iCr dt / Cr은 커패시터에 인가되는 전압의 교류 성분을 의미한다.

[0108] 공진 인덕터(Lr)에 흐르는 전류(iLr)과 공진 인덕터(Lr) 양단에 인가되는 전압(vLr)은 수학식 3과 같은 관계를 갖는다.

[0109] [수학식 3]

$$v_{Lr} = L_r \frac{di_{Lr}}{dt}$$

[0110]

[0111] (단, vLr은 인덕터 양단에 인가되는 전압, Lr은 인덕턴스, iLr은 인덕터에 흐르는 전류, d/dt는 미분연산자이다.)

[0112] 도 11을 참조하면, 전압 강하 회로부(110)가 제1 동작 모드로 동작할 때, 입력 전압(Vi)은 수학식 4에 표시된 바와 같이 공진 커패시터(Cr)에 인가되는 전압(vCr), 공진 인덕터(Lr)에 인가되는 전압(vLr) 및 출력 전압(Vo)의 합과 같다. 또한, 공진 커패시터(Cr)에 흐르는 전류(iCr), 공진 인덕터(Lr)에 흐르는 전류(iLr)은 동일하다.

[0113] [수학식 4]

$$V_i = L_r \frac{di_{Lr}}{dt} + v_{Cr} + V_o + V_x$$

[0114]

[0115] (단, Vi은 입력 전압, Lr은 인덕턴스, iLr은 인덕터에 흐르는 전류, d/dt는 미분연산자, vCr은 커패시터에 인가되는 전압의 교류 성분, Vo는 출력 전압, Vx는 커패시터에 인가되는 전압의 직류 성분이다.)

[0116] 수학식 4에 수학식 2에 기재된 공진 커패시터(Cr)에 인가되는 전압의 교류 성분을 대입하면, 수학식 5가 된다.

[0117] [수학식 5]

$$V_i = L_r \frac{di_{Lr}}{dt} + \frac{1}{C_r} \int i_{Lr} dt + V_o + V_x$$

[0118]

[0119] (단, Vi은 입력 전압, Lr은 인덕턴스, iLr은 인덕터에 흐르는 전류, d/dt는 미분연산자, Cr은 커패시턴스, iLr은 인덕터에 흐르는 전류, ∫ dt는 적분연산자, Vo는 출력 전압, Vx는 커패시터에 인가되는 전압의 직류 성분이다.)

[0120] 수학식 5를 라플라스 변환(Laplace transformation)하면, 수학식 6이 된다.

[0121] [수학식 6]

$$\frac{V_i(s)}{s} = sL_r I_{Lr}(s) + \frac{1}{sC_r} I_{Lr}(s) + \frac{V_o(s)}{s} + \frac{V_x(s)}{s}$$

[0122]

[0123] (단, Vi(s)는 라플라스 변환된 입력 전압, Lr은 인덕턴스, ILr(s)는 라플라스 변환된 인덕터의 전류, Cr은 커패시턴스, Vo(s)는 라플라스 변환된 출력 전압, Vx(s)는 라플라스 변환된 커패시터의 전압의 직류 성분이다.)

[0124] 수학식 6을 라플라스 변환된 공진 인덕터(Lr)의 전류(ILr(s))에 대하여 이항 정리하면, 수학식 7이 된다.

[0125] [수학식 7]

$$I_{Lr}(s) = \frac{C_r}{s^2 L_r C_r + 1} (V_i(s) - V_o(s) - V_x(s))$$

[0126]

[0127] (단, Vi(s)는 라플라스 변환된 입력 전압, Lr은 인덕턴스, ILr(s)는 라플라스 변환된 인덕터의 전류, Cr은 커패시턴스, Vo(s)는 라플라스 변환된 출력 전압, Vx(s)는 라플라스 변환된 커패시터의 전압의 직류 성분이다.)

[0128] 수학식 7을 역라플라스 변환(inverse Laplace transformation)하기 위하여 라플라스 변환된 공진 인덕터(Lr)의 전류(ILr(s))에 대하여 이항 정리하면, 수학식 8이 된다.

[0129] [수학식 8]

$$I_{Lr}(s) = \frac{1}{s^2 + \frac{1}{L_r C_r}} (V_i(s) - V_o(s) - V_x(s))$$

[0130]

[0131] (단, Vi(s)는 라플라스 변환된 입력 전압, Lr은 인덕턴스, ILr(s)는 라플라스 변환된 인덕터의 전류, Cr은 커패

시턴스, Vo(s)는 라플라스 변환된 출력 전압, Vx(s)는 라플라스 변환된 커패시터의 전압의 직류 성분이다.)

[0132] 수학식 8을 역라플라스 변환하기 위하여 정리하면, 수학식 9이 된다.

[0133] [수학식 9]

$$I_{Lr}(s) = \frac{1}{s^2 + \left(\frac{1}{\sqrt{L_r C_r}}\right)^2} \sqrt{\frac{C_r}{L_r}} (V_i(s) - V_o(s) - V_x(s))$$

[0134]

[0135] (단, Vi(s)는 라플라스 변환된 입력 전압, Lr은 인덕턴스, ILr(s)는 라플라스 변환된 인덕터의 전류, Cr은 커패시턴스, Vo(s)는 라플라스 변환된 출력 전압, Vx(s)는 라플라스 변환된 커패시터의 전압의 직류 성분이다.)

[0136] 수학식 9을 역라플라스 변환하면 수학식 10이 된다.

[0137] [수학식 10]

$$i_{Lr}(t) = (V_i - V_o - V_x) \sqrt{\frac{C_r}{L_r}} \sin\left(\frac{1}{\sqrt{L_r C_r}} t\right)$$

[0138]

[0139] (단, iLr은 인덕터의 전류, Vi는 입력 전압, Vo는 출력 전압, Vx는 커패시터의 전압의 직류 성분, Cr은 커패시턴스, Lr은 인덕턴스이다.)

[0140] 공진 인덕터(Lr) 또는 공진 커패시터(Cr)에 흐르는 전류를 산출하기 위해서는 Vx의 값을 정의하여야 하며, 도 11에 도시된 바와 같이 Vx는 입력 전압(Vi)과 출력 전압(Vo)의 차(Vi-Vo)에서 ΔVx를 뺀 것과 같다.

[0141] ΔVx에 대하여 설명하면, ΔVx는 커패시터(Cr)의 교류 성분의 진폭이며, ΔVx와 커패시턴스의 곱은 공진 커패시터(Cr)의 전류(iCr)에 의하여 충전되는 전하량의 절반과 같다. 이를 수학식으로 표현하면 수학식 11과 같다.

[0142] 이때, 공진 커패시터(Cr)의 전류(iCr)은 공진 인덕터(Lr)의 전류(iLr)과 같으며, 공진 커패시터(Cr)의 전류(iCr)의 제1 동작 모드의 시간(Ts/2) 동안 적분한 값은 제1 동작 모드 동안 공진 인덕터(Lr)에 평균적으로 흐르는 전류(Iin)와 제1 동작 모드의 시간(Ts/2)의 곱과 같다. 공진 인덕터(Lr)에 평균적으로 흐르는 전류(Iin)는 전압 강하 회로부(110)에 평균적으로 입력되는 전류와 같다.) 또한, 전압 강하 제어부(120)에 의하여 제1 동작 모드의 동작 시간과 제2 동작 모드의 동작 시간의 합이 공진회로(111)의 공진 주기와 같다면, 제1 동작 모드의 동작 시간(Ts/2)의 2배는 공진 주기(Ts)와 같아지며, 이는 공진 주파수(f)의 역수가 된다.

[0143] [수학식 11]

$$\Delta V_x = \frac{1}{C_r} \int_0^{\frac{T_s}{2}} i_{Lr}(t) dt = \frac{1}{C_r} \frac{T_s}{2} I_{in} = \frac{1}{2C_r f} I_{in}$$

[0144]

[0145] (단, ΔVx는 커패시터(Cr)의 교류 성분의 진폭, Cr은 커패시턴스, iLr은 인덕터 및 커패시터에 흐르는 전류, Ts/2는 제1 동작 모드의 동작 시간, ∫ dt는 적분연산자, Iin은 전압 강하 회로부에 평균적으로 입력되는 전류, f는 공진회로의 공진 주파수이다.)

[0146] 수학식 11을 이용하여 공진 커패시터(Cr)의 전압의 직류 성분(Vx)를 산출하면 수학식 12가 된다.

[0147] [수학식 12]

$$V_x = V_i - V_o - \frac{1}{2C_r f} I_{in}$$

[0148]

[0149] (단, V_x 는 커패시터의 전압의 직류 성분, V_i 은 입력 전압, V_o 는 출력 전압, C_r 은 커패시턴스, f 는 공진 주파수, I_{in} 은 제1 동작 모드 동안 평균적으로 입력되는 전류이다.)

[0150] 수학식 12를 수학식 10에 대입하면 수학식 13이 된다.

[0151] [수학식 13]

$$i_{Lr}(t) = \frac{1}{2C_r f} I_{in} \sqrt{\frac{C_r}{L_r}} \sin\left(\frac{1}{\sqrt{L_r C_r}} t\right)$$

[0152]

[0153] (단, i_{Lr} 은 인덕터 및 커패시터의 전류, C_r 은 커패시턴스, L_r 은 인덕턴스, f 는 공진회로의 공진 주파수, I_{in} 은 전압 강하 회로부에 평균적으로 입력되는 전류이다.)

[0154] 또한, 공진 커패시터(C_r)에 인가되는 전압(V_{Cr})은 수학식 14와 같으며, 수학식 13을 수학식 2에 대입하여 구할 수 있다.

[0155] [수학식 14]

$$\begin{aligned} V_{Cr} &= \frac{1}{C_r} \int \left[\frac{I_{in}}{2C_r f} \sqrt{\frac{C_r}{L_r}} \sin\left(\frac{1}{\sqrt{L_r C_r}} t\right) \right] dt + V_x \\ &= -\frac{I_{in}}{2C_r f} \cos\left(\frac{1}{\sqrt{L_r C_r}} t\right) + \frac{V_i}{2} \end{aligned}$$

[0156]

[0157] (단, V_{Cr} 은 커패시터의 전압, I_{in} 은 전압 강하 회로부에 평균적으로 입력되는 전류, C_r 은 커패시턴스, L_r 은 인덕턴스, f 는 공진회로의 공진 주파수, V_i 은 입력 전압이다.)

[0158] 전압 강하 회로부(110)가 제2 동작 모드에서 동작하는 경우에도 상술한 방법으로 공진 인덕터(L_r) 및 공진 커패시터(C_r)의 전류와 공진 커패시터(C_r)의 전압을 산출할 수 있다.

[0159] 도 12는 일 실시예에 의한 전압 강하 제어부의 전압 강하 제어 신호의 일 예에 따른 전압 강하 회로부의 전류 및 전압을 도시한다. 구체적으로, 도 12의 (a)는 제1 스위치(Q111)를 개폐하는 제1 전압 강하 제어 신호(G111)과 제2 스위치(Q112)를 개폐하는 제2 전압 강하 제어 신호(G112)의 일 예를 도시하고, 도 12의 (a)에 도시된 전압 강하 제어 신호(G111, G112)에 따라 도 12의 (b)는 공진회로(111)의 공진 인덕터(L_r)에 흐르는 전류(I_{Lr})를 도시하고, 도 12의 (c)는 전하 저장 회로(C_o)에 공급되는 전류(I_{Co})를 도시하며, 도 12의 (d)는 공진 커패시터(C_r)의 전압(V_{Cr})을 도시한다.

[0160] 도 12의 (a), (b)와 (c)를 참조하면, 전압 강하 제어부(120)에 출력되는 전압 강하 제어 신호(G111, G112)의 주기는 전압 강하 회로부(110)에 포함된 공진회로(111)의 공진주기보다 약간 길다.

[0161] 구체적으로, 전압 강하 제어부(120)는 0과 t_2 사이에 제1 스위치(Q111)가 폐쇄되도록 제1 전압 강하 제어 신호(G111)를 출력하고 제2 스위치(Q112)가 개방되도록 제2 전압 강하 제어 신호(G112)를 출력한다. 이후, 전압 강하 제어부(120)는 t_2 와 t_4 사이에 제1 스위치(Q111)가 개방되도록 제1 전압 강하 제어 신호(G111)를 출력하고 제2 스위치(Q112)가 폐쇄되도록 제2 전압 강하 제어 신호(G112)를 출력한다. 즉, 전압 강하 제어부(120)는 $2\mu t_1$ 주기를 갖는 구형파 형태의 전압 강하 제어 신호(G111, G112)를 출력한다.

- [0162] 또한, 공진 인덕터(Lr)에는 0에서 t1사이에는 양의 정현파 형태를 갖는 전류가 흐르고, t1에서 t2사이에는 전류가 흐르지 않고, t2에서 t3사이에는 음의 정현파 형태를 갖는 전류가 흐르며, t3에서 t4사이에는 전류가 흐르지 않는다. 즉, 공진회로(111)의 공진 주기는 $2\pi t_1$ 이다. 공진회로(111)에는 양의 방향의 전류와 음의 방향의 전류가 교대로 흐르지만 전하 저장 회로(Co)에는 항상 양의 방향의 전류가 공급된다. 이는 제1 스위치(Q111) 및 제2 스위치(Q112)의 개폐 동작과 제1 다이오드(D111) 및 제2 다이오드(D112)의 정류 기능 때문이다.
- [0163] 따라서, 전압 강하 제어부(120)의 전압 강하 제어 신호(G111, G112)에 따라 제1 및 제2 스위치(Q111, Q112)가 스위칭할 때 전압 강하 회로부(110)에는 전류가 흐르지 않는 영전류 스위칭이 가능하다.
- [0164] 전압 강하 제어부(120)에서 출력되는 전압 강하 제어 신호(G111, G112)의 주기가 전압 강하 회로부(110)에 포함된 공진회로(111)의 공진 주기와 일치하거나 유사하면 공진회로(111)의 공진에 의하여 전하 저장 회로(Co)에 지속적으로 전하가 공급되며, 출력 전압(Vo)은 입력 전압(Vi)의 1/2로 유지될 수 있다.
- [0165] 또한, 공진 커패시터(Cr)의 전압(VCr)은 도 12의 (d)에 도시된 바와 같이 공진 커패시터(Cr)의 전류(iCr)에 따라 변화한다.
- [0166] 도 13은 일 실시예에 의한 전압 강하 제어부의 전압 강하 제어 신호의 다른 일 예에 따른 전압 강하 회로부의 전류를 도시한다. 구체적으로, 도 13의 (a)는 제1 전압 강하 제어 신호(G111)와 제2 전압 강하 제어 신호(G112)의 다른 일 예를 도시하고, 도 13의 (b)는 도 13의 (a)에 도시된 전압 강하 제어 신호(G111, G112)에 따른 전하 저장 회로(Co)에 공급되는 전류를 도시한다.
- [0167] 도 13의 (a)를 참조하면, 전압 강하 제어부(120)가 출력되는 전압 강하 제어 신호(G111, G112)의 주기($2\pi t_2$)는 전압 강하 회로부(110)에 포함된 공진회로(111)의 공진 주기($2\pi t_1$)보다 상당히 긴 것을 알 수 있다.
- [0168] 도 13의 (b)를 참조하면, 전압 강하 회로부(110)의 전하 저장 회로(Co)에는 전압 강하 제어 신호(G111, G112)에 따라 제1 스위치(Q111) 또는 제2 스위치(Q112)가 턴온된 이후 공진회로(111)의 공진 주기의 절반의 시간 동안 전류가 공급됨을 알 수 있다.
- [0169] 그 결과, 전하 저장 회로(Co)에 도 12의 (c)에 도시된 것과 비교하여 적은 양의 전하가 공급되며, 전하 저장 회로(Co)의 출력 전압(Vo)은 입력 전압(Vi)의 절반을 유지하지 못하며, 전하 저장 회로(Co)은 입력 전압(Vi)의 절반보다 작은 전압이 출력된다.
- [0170] 도 14는 일 실시예에 의한 전압 강하 제어부의 전압 강하 제어 신호의 또 다른 일 예에 따른 전압 강하 회로부의 전류를 도시한다. 구체적으로, 도 14의 (a)는 제1 전압 강하 제어 신호(G111)와 제2 전압 강하 제어 신호(G112)의 또 다른 일 예를 도시하고, 도 14의 (b)는 도 14의 (a)에 도시된 전압 강하 제어 신호(G111, G112)에 따른 전하 저장 회로(Co)에 공급되는 전류를 도시한다.
- [0171] 도 14의 (a)를 참조하면, 전압 강하 제어부(120)에서 출력되는 전압 강하 제어 신호(G111, G112)는 전압 강하 회로부(110)에 포함된 공진회로(111)의 공진주기의 절반과 비슷한 시간 동안 제1 및 제2 스위치(Q111, Q112)를 턴온시킨다.
- [0172] 도 14의 (b)를 참조하면, 제1 및 제2 스위치(Q111, Q112)가 온된 시간 동안 전하 저장 회로(Co)에는 공진 전류가 공급된다. 그러나, 제1 및 제2 스위치(Q111, Q112)가 번갈아 한 번씩 턴온된 이후 상당한 시간 동안 제1 및 제2 스위치(Q111, Q112)가 오프되며 그 동안에는 전하 저장 회로(Co)에는 전류가 공급되지 않는다.
- [0173] 그 결과, 전하 저장 회로(Co)에 도 12의 (c)에 도시된 것과 비교하여 적은 양의 전하가 공급되며, 전하 저장 회로(Co)의 출력 전압(Vo)은 입력 전압(Vi)의 절반을 유지하지 못하며, 전하 저장 회로(Co)은 입력 전압(Vi)의 절반보다 작은 전압이 출력된다.
- [0174] 도 15는 일 실시예에 의한 전압 강하 제어부의 전압 강하 제어 신호의 또 다른 일 예에 따른 전압 강하 회로부의 전류를 도시한다. 구체적으로, 도 15의 (a)는 제1 전압 강하 제어 신호(G111)와 제2 전압 강하 제어 신호(G112)의 또 다른 일 예를 도시하고, 도 15의 (b)는 도 14의 (a)에 도시된 전압 강하 제어 신호(G111, G112)에 따른 전하 저장 회로(Co)에 공급되는 전류를 도시한다.
- [0175] 도 15의 (a)를 참조하면, 제1 스위치(Q111)는 공진회로(111)의 공진주기와 유사한 주기를 가지고 턴온과 턴오프를 반복한다. 또한, 제2 스위치(Q112)는 제1 스위치(Q111)가 턴온될 때에는 턴오프된다. 특히 제2 스위치(Q112)는 제1 스위치(Q111)가 2번 턴온되면 한번 턴온된다.
- [0176] 도 15의 (b)를 참조하면, 전하 저장 회로(Co)에는 제2 스위치(Q112)가 턴온될 때와 제2 스위치(Q112)가 턴온된

이후 바로 다음으로 제1 스위치(Q111)가 턴온될 때 전류가 공급된다. 구체적으로, 0에서 t2사이에는 제1 스위치(Q111)가 턴온되므로 전하 저장 회로(Co)에 전류가 공급되고, t2에서 t4사이에는 제2 스위치(Q112)가 턴온되지 않으므로 전하 저장 회로(Co)에 전류가 공급되지 않는다. 또한, t4에서 t5사이에는 제1 스위치(Q111)가 턴온되지만 전하 저장 회로(Co)에 전류가 공급되지 않는다. 이는 t2에서 t4사이에는 제2 스위치(Q112)가 턴온되지 않았기 때문이다. 또한, t5에서 t7사이에는 제2 스위치(Q112)가 턴온되므로 전하 저장 회로(Co)에 전류가 공급되고, t7에서 t9사이 역시 제1 스위치(Q111)가 턴온되므로 전하 저장 회로(Co)에 전류가 공급된다.

- [0177] 그 결과, 전하 저장 회로(Co)에 도 12의 (c)에 도시된 것과 비교하여 적은 양의 전하가 공급되며, 전하 저장 회로(Co)의 출력 전압(Vo)은 입력 전압(Vi)의 절반을 유지하지 못하며, 전하 저장 회로(Co)은 입력 전압(Vi)의 절반보다 작은 전압이 출력된다.
- [0178] 이상에서는 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부와 전압 강하 제어부에 대하여 설명하였다. 이하에서는 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부와 전압 강하 제어부에 대하여 설명한다. 또한, 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부와 전압 강하 제어부가 이용되는 전원 장치에 대해서는 그 설명을 생략한다.
- [0179] 도 16은 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부를 도시한다.
- [0180] 전압 강하 회로부(210)는 직류 전압을 강하시키며, 전압 강하 제어부(220)는 전압 강하 회로부(210)에 전압 강하 제어 신호를 제공한다.
- [0181] 도 16을 참조하면, 전압 강하 회로부(210)는 직류 전압을 입력받는 한 쌍의 입력단자(IN210a, IN210b), 전압 강하된 직류 전압을 출력하는 한 쌍의 출력단자(OUT210a, OUT210b), 양의 입력단자(IN210a)와 양의 출력단자(OUT210a) 사이에 직렬 연결되는 제1 스위치(Q211) 및 제2 스위치(Q212), 한 쌍의 출력단자(OUT210a, OUT210b) 사이에 직렬 연결되는 제1 전하 저장 회로(Co1) 및 제2 전하 저장 회로(Co2), 제1 전하 저장 회로(Co1)의 양단 사이에 직렬 연결되는 제1 다이오드(D211) 및 제2 다이오드(D212), 제2 전하 저장 회로(Co2)의 양단 사이에 직렬 연결되는 제3 다이오드(D213) 및 제4 다이오드(D214), 제1 스위치(Q211)와 제2 스위치(Q212)가 연결되는 노드와 제1 다이오드(D211)와 제2 다이오드(D212)가 연결되는 노드 사이에 마련되는 제1 공진회로(211), 제1 스위치(Q211)와 제2 스위치(Q212)가 연결되는 노드와 제3 다이오드(D213)와 제4 다이오드(D214)가 연결되는 노드에 마련되는 제2 공진회로(212)를 포함하고, 제1 공진회로(211)과 제2 공진회로(212)는 하나의 공진 인덕터(Lr1)를 공유한다.
- [0182] 제1 스위치(Q211) 및 제2 스위치(Q212)는 입력단자(IN210a, IN210b)로부터 출력단자(OUT210a, OUT210b)로 전달되는 전류의 흐름을 단속한다. 구체적으로, 제1 스위치(Q211)는 입력단자(IN210a, IN210b)로부터 제1 공진회로(211) 및 제2 공진회로(212)로 공급되는 전류를 단속하며, 제2 스위치(Q212)는 제1 공진회로(211) 및 제2 공진회로(212)로부터 제1 전하 저장 회로(Co1) 및 제2 전하 저장 회로(Co2)로 공급되는 전류를 단속한다.
- [0183] 이와 같은 제1 스위치(Q211)와 제2 스위치(Q212)는 고전압 대전류를 차단 또는 도통시키기 위한 절연 게이트 양극성 트랜지스터(Insulated Gate Bipolar Transistor: IGBT) 또는 전력 전계 효과 트랜지스터(Power Field Effect Transistor: Power FET)를 채용할 수 있다.
- [0184] 제1 공진회로(211)는 자기 에너지를 저장하는 공진 인덕터(Lr1)와 전기 에너지를 저장하는 제1 공진 커패시터(Cr1)를 포함하며, 공진 인덕터(Lr1)와 제1 공진 커패시터(Cr1)는 직렬로 연결된다. 제2 공진회로(212)는 자기 에너지를 저장하는 공진 인덕터(Lr1)와 전기 에너지를 저장하는 제2 공진 커패시터(Cr2)를 포함하며, 공진 인덕터(Lr1)와 제2 공진 커패시터(Cr2)는 직렬로 연결된다. 제1 공진회로(211)과 제2 공진회로(212)는 도 16에 도시된 바와 같이 하나의 공진 인덕터(Lr1)를 공유한다.
- [0185] 제1 다이오드(D211)와 제2 다이오드(D212)는 전하가 제1 전하 저장 회로(Co1)로 공급되도록 전류를 안내하고, 제3 다이오드(D213)와 제4 다이오드(D214)는 전하가 제2 전하 저장 회로(Co2)로 공급되도록 전류를 안내한다.
- [0186] 제1 전하 저장 회로(Co1) 및 제2 전하 저장 회로(Co2)는 입력단자(IN210a, IN210b)로부터 공급되는 전류를 통하여 전하를 저장하고, 저장된 전하를 통하여 입력단자(IN210a, IN210b)에 인가된 전하에 비하여 강하된 전압이 출력단자(OUT210a, OUT210b)로 출력되도록 한다.
- [0187] 전하강하 제어부(220)는 전압 강하 회로부(210)가 미리 정해진 전압을 출력하도록 전압 강하 회로부(210)에 포함된 제1 스위치(Q211)와 제2 스위치(Q212)의 개폐를 제어하는 제1 전압 강하 제어 신호와 제2 전압 강하 제어 신호를 생성하고, 생성된 제1 전압 강하 제어 신호와 제2 전압 강하 제어 신호를 전압 강하 회로부(210)에 제공한다.

[0188] 전하강하 제어부(220)의 제어 신호에 따라 전압 강하 회로부(210)는 2개의 모드로 동작할 수 있다. 구체적으로, 전압 강하 회로부(210)는 제1 스위치(Q211)가 폐쇄되고 제2 스위치(Q212)가 개방된 제1 동작 모드와 제1 스위치(Q211)가 개방되고 제2 스위치(Q212)가 폐쇄된 제2 동작 모드로 동작할 수 있다.

[0189] 우선, 전압 강하 회로부(210)에 의하여 수행되는 전압 강하에 대하여 설명한다.

[0190] 도 17는 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제1 동작 모드로 동작할 때 전압 강하 회로부에 인가되는 전압의 직류 성분을 설명하기 위한 도면이고, 도 20은 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제2 동작 모드로 동작할 때 전압 강하 회로부에 인가되는 전압의 직류 성분을 설명하기 위한 도면이다.

[0191] 전압 강하 회로부(210)는 도 17 및 도 18에 도시된 바와 같이 제1 및 제2 공진 커패시터(Cr1, Cr2)와 제1 및 제2 전하 저장 회로(Co1, Co2)로 구성된 간단한 회로로 표시할 수 있다.

[0192] 제1 동작 모드에서 입력 전압(Vi)은 수학식 15와 같이 제2 공진 커패시터(Cr2)의 전압(VCr2)와 출력 전압(Vo)의 합과 같으며, 제1 공진 커패시터(Cr1)의 전압(VCr1), 제1 전하 저장 회로(Co1)의 전압(VCo1) 및 제2 전하 저장 회로(Co2)의 전압(VCo2)의 합과 같다.

[0193] [수학식 15]

$$V_I = V_{Cr2} + V_{CO2} + V_{Cr1} + V_{CO1} + V_{CO2}$$

[0194]

[0195] (단, Vi는 입력 전압, VCr1은 제1 커패시터의 전압, VCr2는 제2 커패시터의 전압, VCo1은 제1 전하 저장 회로의 전압, VCo2는 제2 전하 저장 회로의 전압이다.)

[0196] 제2 동작 모드에서 제1 공진 커패시터(Cr1)의 전압(VCr1)은 수학식 16과 같이 제1 전하 저장 회로(Co1)의 전압(VCo1)과 동일하며, 제2 공진 커패시터(Cr2)의 전압(VCr2)은 수학식 17과 같이 제1 전하 저장 회로(Co1)의 전압(VCo1)과 제2 전하 저장 회로(Co2)의 전압(VCo2)의 합과 같다.

[0197] [수학식 16]

$$V_{Cr1} = V_{CO1}$$

[0198]

[0199] (단, VCr1은 제1 커패시터의 전압, VCo1은 제1 전하 저장 회로의 전압이다.)

[0200] [수학식 17]

$$V_{Cr2} = V_{CO1} + V_{CO2}$$

[0201]

[0202] (단, VCr2는 제2 커패시터의 전압, VCo1은 제1 전하 저장 회로의 전압, VCo2는 제2 전하 저장 회로의 전압이다.)

[0203] 수학식 16과 수학식 17을 연립하면 입력 전압(Vi)은 수학식 18이 된다.

[0204] [수학식 18]

$$V_I = V_{CO1} + 2V_{CO2} + 2V_{CO1} + V_{CO2}$$

[0205]

[0206] (단, Vi는 입력 전압, VCo1은 제1 전하 저장 회로의 전압, VCo2는 제2 전하 저장 회로의 전압이다.)

[0207] 또한, 수학적 식 18에 의하면 제1 전하 저장 회로(Co1)의 전압(VCo1)과 제2 전하 저장 회로(Co2)의 전압(VCo2)는 수학적 식 19와 같다.

[0208] [수학적 식 19]

$$V_{Co1} = V_{Co2} = \frac{1}{3} V_I$$

[0209]

[0210] (단, Vi는 입력 전압, VCo1은 제1 전하 저장 회로의 전압, VCo2는 제2 전하 저장 회로의 전압이다.)

[0211] 출력 전압(Vo)은 제1 전하 저장 회로(Co1)의 전압(VCo1)과 제2 전하 저장 회로(Co2)의 전압(VCo2)의 합과 같으며, 입력 전압(Vi)의 2/3와 같다. 즉, 개시된 발명의 제2 실시예에 의한 전압 강하 회로부(210)는 입력 전압(Vi)의 2/3를 출력한다

[0212] 이하에서는 전압 강하 회로부(210)가 제1 동작 모드와 제2 동작 모드로 동작할 때 전압 강하 회로부(210)에서의 전류의 흐름에 대하여 설명한다.

[0213] 도 19은 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제1 동작 모드로 동작할 때 전류의 흐름을 도시한다.

[0214] 도 19을 참조하면, 제1 동작 모드에서 전류는 양의 입력단자(IN210a)로부터 공급된다. 양의 입력단자(IN210a)로부터 공급되는 전류의 일부는 제1 스위치(Q211), 제1 공진회로(211)의 공진 인덕터(Lr1) 및 제1 공진 커패시터(Cr1), 제1 다이오드(D211)를 통과하여 제1 전하 저장 회로(Co1)로 공급되고, 나머지 전류는 폐쇄된 제1 스위치(Q211), 제2 공진회로(212)의 공진 인덕터(Lr1) 및 제2 공진 커패시터(Cr2), 제3 다이오드(D213)를 통과하여 제2 전하 저장 회로(Co2)로 공급된다.

[0215] 제1 동작 모드 동안 공진 인덕터(Lr1)와 제1 및 제2 공진 커패시터(Cr1, Cr2)에 흐르는 전류는 서서히 증가했다가 서서히 감소한다. 또한, 제1 및 제2 공진 커패시터(Cr1, Cr2)에는 전기 에너지가 축적되므로 제1 및 제2 공진 커패시터(Cr1, Cr2)의 전압은 점점 높아진다.

[0216] 도 20은 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부가 제2 동작 모드로 동작할 때 전류의 흐름을 도시한 도면이다.

[0217] 도 20을 참조하면, 제2 동작 모드에서 전류는 제1 및 제2 공진 커패시터(Cr1, Cr2)로부터 공급된다. 제1 공진 커패시터(Cr1)로부터 공급되는 전류는 공진 인덕터(Lr1), 제2 스위치(Q212)를 통과하여 제1 전하 저장 회로(Co1)로 공급되며, 제2 다이오드(D212)를 통과하여 제1 공진 커패시터(Cr1)로 회귀한다. 또한, 제2 공진 커패시터(Cr2)로부터 공급되는 전류는 공진 인덕터(Lr1), 제2 스위치(Q212), 제1 전하 저장 회로(Co1)를 통과하여 제2 전하 저장 회로(Co2)로 공급되며, 제4 다이오드(D214)를 통과하여 제2 공진 커패시터(Cr2)로 회귀한다.

[0218] 제2 동작 모드 동안 공진 인덕터(Lr1)와 제1 및 제2 공진 커패시터(Cr1, Cr2)에 흐르는 전류의 방향은 제1 동작 모드와 반대 방향이고, 그 크기는 서서히 증가했다가 서서히 감소한다. 또한, 제1 및 제2 공진 커패시터(Cr1, Cr2)은 전기 에너지를 방출하므로 제1 및 제2 공진 커패시터(Cr1, Cr2)의 전압은 점점 낮아진다.

[0219] 도 21은 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부를 도시한다.

[0220] 도 21을 참조하면, 전압 강하 회로부(310)와 전압 강하 제어부(320)가 마련된다.

[0221] 전압 강하 회로부(310)는 제1 스위치(Q311)와 제2 스위치(Q312), 전하 저장 회로(Co), 제1 다이오드(D311)와 제2 다이오드(D312), 공진 회로(311), 초기 충전 커패시터(C310)를 포함한다.

[0222] 제1 스위치(Q311)와 제2 스위치(Q312)는 직류 전원을 입력받는 입력단자(IN310a, IN320b)와 전압 강하된 직류 전원을 출력하는 출력단자(OUT310a, OUT310b) 사이에 마련되며, 제1 스위치(Q311)와 제2 스위치(Q312)는 서로 직렬로 연결된다. 또한, 제1 스위치(Q311)는 공진 회로(311)에 입력되는 전류를 단속하고, 제2 스위치(Q312)는 공진회로(311)가 출력하는 전류를 단속한다.

[0223] 전하 저장 회로(Co)는 출력단자(OUT310a, OUT310b) 사이에 마련되며, 전압 강하된 전압을 출력한다.

[0224] 제1 다이오드(D311)와 제2 다이오드(D312)는 전하 저장 회로(Co)의 양단 사이에 마련되며, 제1 다이오드(D311)와 제2 다이오드(D312)는 서로 직렬로 연결된다. 제1 다이오드(D311)는 전류가 입력단자(IN310a)로부터 공진 회

로(311)를 거쳐 전하 저장 회로(Co)로 흐르도록 허용하나, 반대 방향의 전류는 차단한다. 또한, 제2 다이오드(D312)는 전류가 공진 회로(311)로부터 전하 저장 회로(Co)로 흐르도록 허용하나, 반대 방향의 전류를 차단한다.

- [0225] 공진 회로(311)는 제1 스위치(Q311)와 제2 스위치(Q312)가 연결되는 노드와 제1 다이오드(D311)와 제2 다이오드(D312)가 연결되는 노드 사이에 마련되며, 서로 직렬 연결되는 공진 인덕터(Lr)와 공진 커패시터(Cr)를 포함한다.
- [0226] 제1 스위치(Q311)가 온되는 제1 동작 모드 동안 공진 회로(311)는 공진 인덕터(Lr)와 공진 커패시터(Cr) 사이의 공진 현상을 이용하여 공진 커패시터(Cr)에 전기 에너지를 축적하고, 제2 스위치(Q312)가 온되는 제2 동작 모드 동안 공진 회로(311)는 공진 현상을 이용하여 공진 커패시터(Cr)에 축적된 전기 에너지를 전하 저장 회로(Co)에 전달한다.
- [0227] 초기 충전 커패시터(C310)는 전하 저장 회로(Co)가 완전 방전된 경우, 전하 저장 회로(Co)에 전기 에너지를 공급한다.
- [0228] 전압 강하 회로부(310)가 공진 현상을 이용하여 공진 커패시터(Cr)에 전기 에너지를 저장하고, 저장된 전기 에너지를 공진 현상을 이용하여 전하 저장 회로(Co)에 공급하기 위해서는 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co)에 입력 전압(Vi)의 절반에 대응하는 전기 에너지가 저장되어 있어야 한다.
- [0229] 이러한 이유로 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co)를 초기 충전시키기 위한 별도의 회로를 구비하는 것이 바람직하다.
- [0230] 초기 충전 커패시터(C310)는 제1 스위치(Q311)과 제2 스위치(Q312)가 스위칭 동작을 수행하기 앞서 전하 저장 회로(Co)에 전기 에너지를 공급함으로써 전하 저장 회로(Co)를 초기 충전시킨다.
- [0231] 또한, 전하 저장 회로(Co)에 입력 전압(Vi)의 절반에 대응하는 전기 에너지를 충전시키기 위해서는 초기 충전 커패시터(C310)는 전하 저장 회로(Co)와 같은 커패시턴스를 갖는 것이 바람직하다.
- [0232] 전압 강하 제어부(320)는 제1 스위치(Q311)를 제어하는 제1 전압 강하 제어 신호(G311), 제2 스위치(Q312)를 제어하는 제2 전압 강하 제어 신호(G312)를 출력한다.
- [0233] 전압 강하 회로부(310)와 전압 강하 제어부(320)의 동작을 설명한다.
- [0234] 전압 강하 회로부(310)와 전압 강하 제어부(320)에 최초로 전원이 공급되며, 전압 강하 제어부(320)는 미리 정해진 초기 충전 시간 동안 제1 스위치(Q311)와 제2 스위치(Q312)를 오프시키는 전압 강하 제어 신호(G311, G312)를 출력한다.
- [0235] 초기 충전 시간이란 초기 충전 커패시터(C310)에 의하여 전하 저장 회로(Co)가 초기 충전되기 위한 시간을 의미한다.
- [0236] 초기 충전 시간이 경과하면, 전압 강하 제어부(320)는 공진 회로(311)의 공진 주기에 따라 제1 스위치(Q311)와 제2 스위치(Q312)가 교대로 온/오프를 반복하도록 전압 강하 제어 신호(G311, G312)를 출력한다.
- [0237] 도 22는 또 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부를 도시한다.
- [0238] 도 22를 참조하면, 전압 강하 회로부(410)와 전압 강하 제어부(420)가 마련된다.
- [0239] 전압 강하 회로부(410)는 제1 스위치(Q411)와 제2 스위치(Q412), 전하 저장 회로(Co), 제1 다이오드(D411)와 제2 다이오드(D412), 공진 회로(411), 충전 전류 제한 회로(Z410), 제1 초기 충전 스위치(Q413), 제2 초기 충전 스위치(Q414)를 포함한다.
- [0240] 제1 스위치(Q411)와 제2 스위치(Q412), 전하 저장 회로(Co), 제1 다이오드(D411)와 제2 다이오드(D412), 공진 회로(411)에 대해서는 도 21에 도시된 제1 스위치(Q311)와 제2 스위치(Q312), 전하 저장 회로(Co), 제1 다이오드(D311)와 제2 다이오드(D312), 공진 회로(311)와 동일하므로 그 설명을 생략한다.
- [0241] 충전 전류 제한 회로(Z410), 제1 초기 충전 스위치(Q413), 제2 초기 충전 스위치(Q414)는 최초 방전된 공진 커패시터(Cr)과 전하 저장 회로(Co)를 초기 충전시킨다.
- [0242] 구체적으로, 충전 전류 제한 회로(Z410)는 초기 충전 시에 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co)에 과전류가 공급되지 않도록 전류를 제한한다. 예를 들어, 충전 전류 제한 회로(Z410)가 저항성 회로를 포함하는 경우, 저

항성 회로의 저항값에 의하여 공진 커패시터(Cr) 및 전하 저장 회로(Co)에 공급되는 전류의 크기가 제한된다.

- [0243] 또한, 초기 충전 전류는 충전 전류 제한 회로(Z410)의 임피던스에 의하여 그 크기가 결정되며, 초기 충전 시간 역시 충전 전류 제한 회로(Z410)의 임피던스에 의하여 결정된다. 다시 말해, 충전 전류 제한 회로(Z410)의 임피던스를 변경하여 초기 충전 전류값 및 초기 충전 시간을 변경시킬 수 있다.
- [0244] 제1 초기 충전 스위치(Q413)는 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co)에 공급되는 초기 충전 전류를 단속한다. 구체적으로, 제1 초기 충전 스위치(Q413)가 온되면 초기 충전 전류가 충전 전류 제한 회로(Z410)를 통과하여 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co)에 공급될 수 있다.
- [0245] 충전 전류 제한 회로(Z410)와 제1 초기 충전 스위치(Q413)는 서로 직렬 연결되며, 직렬 연결된 충전 전류 제한 회로(Z410)와 제1 초기 충전 스위치(Q413)는 양의 입력단자(IN410a)와 전하 저장 회로(Co)의 일측 사이에 마련된다.
- [0246] 제2 초기 충전 스위치(Q414)는 공진 커패시터(Cr)에 공급되는 초기 충전 전류를 단속한다. 구체적으로, 제1 초기 충전 스위치(Q414)와 제2 초기 충전 스위치(Q414)가 온되면 초기 충전 전류가 충전 전류 제한 회로(Z410)를 통과하여 공진 커패시터(Cr)에 공급될 수 있다.
- [0247] 이와 같은 제2 초기 충전 스위치(Q414)는 공진 커패시터(Cr)의 일측과 음의 입력단자(IN410b) 사이에 마련된다. 즉, 제2 초기 충전 스위치(Q414)는 제2 다이오드(D412)와 병렬로 연결된다.
- [0248] 만일, 제2 초기 충전 스위치(Q414)와 제2 다이오드(D412)를 일체로 절연 게이트 양극성 트랜지스터(IGBT) 또는 전계 효과 트랜지스터(FET)를 채용할 수 있다. 이는 절연 게이트 양극성 트랜지스터 또는 전계 효과 트랜지스터에 기생하는 다이오드가 공진 다이오드(Cr)로부터 음의 입력단자(IN410b)로 향하는 전류는 차단하나, 음의 출력 단자(OUT410b)로부터 공진 다이오드(Cr)로 향하는 전류는 통과시키기 때문이다.
- [0249] 전압 강하 제어부(420)는 제1 스위치(Q411)를 제어하는 제1 전압 강하 제어 신호(G411), 제2 스위치(Q412)를 제어하는 제1 전압 강하 제어 신호(G412), 제1 초기 충전 스위치(Q413)를 제어하는 제1 초기 충전 제어 신호(G413), 제2 초기 충전 스위치(Q413)를 제어하는 제2 초기 충전 제어 신호(G414)를 출력한다.
- [0250] 다만, 전압 강하 제어부(420)가 이에 한정되는 것은 아니며 전압 강하 제어부(420)는 제1 초기 충전 제어 신호(G413)와 제2 초기 충전 제어 신호(G414)를 별도로 마련하지 않고 단일의 제어 신호를 이용하여 제1 초기 충전 스위치(Q413)과 제2 초기 충전 스위치(Q414)를 제어할 수도 있다.
- [0251] 도 23은 도 22에 도시된 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부의 동작을 설명하기 위한 도면이고, 도 24은 초기 충전 동작 시의 도 22에 도시된 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부의 동작을 설명하기 위한 도면이고, 도 25은 정상 동작 시의 도 22에 도시된 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부의 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0252] 도 23을 참조하면, 전압 강하 회로부(410) 및 전압 강하 제어부(420)의 동작은 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co)를 초기 충전하는 초기 충전 동작(initial charging operation)과 공진 현상을 이용하여 전하 저장 회로(Co)에 전기 에너지를 제공하는 정상 동작(steady state operation)으로 구분할 수 있다.
- [0253] 초기 충전 동작 중에 전압 강하 제어부(420)는 도 23의 (a)에 도시된 바와 제1 및 제2 초기 충전 스위치(Q413, Q414)를 온시키는 제1 및 제2 초기 충전 제어 신호(G413, G414)를 출력하고, 제1 스위치(Q411)를 오프시키는 제1 전압 강하 제어 신호(G411)와 제2 스위치(Q412)를 온시키는 제2 전압 강하 제어 신호(G412)를 출력한다.
- [0254] 다만, 제1 스위치(Q411)과 제2 스위치(Q412)로 절연 게이트 양극성 트랜지스터(IGBT) 또는 전계 효과 트랜지스터(FET)를 채용하는 경우, 제2 스위치(Q412)를 온시키지 않아도 공진 커패시터(Cr)에 초기 충전 전류가 공급될 수 있다. 이는 절연 게이트 양극성 트랜지스터 또는 전계 효과 트랜지스터에 기생하는 다이오드가 양의 입력 단자(IN410a)로부터 양의 출력 단자(OUT410a)로 향하는 전류는 차단하나, 양의 출력 단자(OUT410a)로부터 양의 입력 단자(IN410a)로 향하는 전류는 통과시키기 때문이다.
- [0255] 이와 같은 제어 신호(G411~G414)에 의하여 도 23의 (b)에 도시된 바와 같이 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co)에 초기 충전 전류가 공급되고, 초기 충전 전류에 의하여 도 23의 (c) 및 (d)에 도시된 바와 같이 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co)의 전압이 높아진다.
- [0256] 예를 들어, 입력 전압(Vi)가 600V이고, 공진 인덕터(Lr)의 인덕턴스가 15uH이고, 공진 커패시터(Cr)의 커패시턴스가 3.3uF이고, 전하 저장 회로(Co)의 커패시턴스가 30uF이고, 충전 전류 제한 회로(Z410)의 레지스턴스가 7k

오인 경우, 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co)의 전압은 도 24의 (a)에 도시된 바와 같이 160ms가 경과하면 입력 전압(Vi)의 절반에 해당하는 300V에 도달한다.

- [0257] 공진 커패시터(Cr)과 전하 저장 회로(Co)의 전압이 300V에 도달하면 전압강하 제어부(420)는 제1 및 제2 초기 충전 스위치(Q413, Q414)를 오프시키는 제1 및 제2 초기 충전 제어 신호(G413, G414)를 출력한다.
- [0258] 또한, 공진 회로(411)에는 도 24의 (b)에 도시된 바이 수십 mA의 전류가 공급된다.
- [0259] 이후, 정상 동작 중에 전압 강하 제어부(420)는 도 23의 (a)에 도시된 바와 같이 제1 및 제2 초기 충전 스위치(Q413, Q414)를 오프시키는 제1 및 제2 초기 충전 제어 신호(G413, G414)를 출력하고, 제1 스위치(Q411)과 제2 스위치(Q412)를 교대로 온/오프시키는 제1 및 제2 전압 강하 제어 신호(G411, G412)를 출력한다.
- [0260] 이와 같은 제어 신호(G411~G414)에 의하여 도 23의 (b)에 도시된 바와 같이 정현파 형태의 전류가 공진 커패시터(Cr)에 공급된다. 즉, 공진 커패시터(Cr)로의 전류 공급과 공진 커패시터(Cr)로부터의 전류 방출이 반복된다.
- [0261] 또한, 이와 같은 전류에 의하여 공진 커패시터(Cr)의 전압은 도 23의 (c)에 도시된 바와 같이 Vi/2를 중심으로 정현파 형태로 진동하며, 전하 저장 회로(Co)의 전압을 도 23의 (d)에 도시된 바와 같이 Vi/2로 일정하게 출력된다.
- [0262] 예를 들어, 입력 전압(Vi)가 600V이고, 공진 인덕터(Lr)의 인덕턴스가 15uH이고, 공진 커패시터(Cr)의 커패시턴스가 3.3uF이고, 전하 저장 회로(Co)의 커패시턴스가 30uF이고, 제1 스위치(Q411)와 제2 스위치(Q412)의 스위칭 주파수가 25kHz인 경우, 전하 저장 회로(Co)의 전압은 도 25의 (a)에 도시된 바와 같이 300V를 중심으로 20V의 리플을 갖는다.
- [0263] 또한, 공진 회로(411)에는 도 25의 (b)에 도시된 바와 같은 정현파 형태의 전류가 흐른다.
- [0264] 도 26은 또 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부를 도시한다.
- [0265] 도 26을 참조하면, 전압 강하 회로부(510)와 전압 강하 제어부(520)가 마련된다.
- [0266] 전압 강하 회로부(510)는 제1 스위치(Q511)와 제2 스위치(Q512), 전하 저장 회로(Co), 제1 다이오드(D511)와 제2 다이오드(D512), 공진 회로(511), 충전 전류 제한 회로(Z510), 제1 초기 충전 스위치(Q513), 제2 초기 충전 스위치(Q514)를 포함한다.
- [0267] 제1 스위치(Q511)와 제2 스위치(Q512), 전하 저장 회로(Co), 제1 다이오드(D511)와 제2 다이오드(D512), 공진 회로(511)에 대해서는 도 21에 도시된 제1 스위치(Q311)와 제2 스위치(Q312), 전하 저장 회로(Co), 제1 다이오드(D311)와 제2 다이오드(D312), 공진 회로(311)와 동일하므로 그 설명을 생략한다.
- [0268] 충전 전류 제한 회로(Z510), 제1 초기 충전 스위치(Q513), 제2 초기 충전 스위치(Q514)는 최초 방전된 공진 커패시터(Cr)과 전하 저장 회로(Co)를 초기 충전시킨다.
- [0269] 구체적으로, 충전 전류 제한 회로(Z510)는 초기 충전 시에 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co)에 과전류가 공급되지 않도록 전류를 제한하고, 제1 초기 충전 스위치(Q513)는 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co)에 공급되는 초기 충전 전류를 단속한다.
- [0270] 충전 전류 제한 회로(Z510)와 제1 초기 충전 스위치(Q513)는 서로 직렬 연결되며, 직렬 연결된 충전 전류 제한 회로(Z510)와 제1 초기 충전 스위치(Q513)는 양의 입력단자(IN510a)와 제1 스위치(Q511)와 제2 스위치(Q512)가 연결되는 노드 사이에 마련된다.
- [0271] 제2 초기 충전 스위치(Q514)는 공진 커패시터(Cr)에 공급되는 초기 충전 전류를 단속하며, 제2 초기 충전 스위치(Q514)는 공진 커패시터(Cr)와 음의 입력단자(IN510b) 사이에 마련된다. 즉, 제2 초기 충전 스위치(Q514)는 제2 다이오드(D512)와 병렬로 연결된다.
- [0272] 전압 강하 제어부(520)는 제1 스위치(Q511)를 제어하는 제1 전압 강하 제어 신호(G511), 제2 스위치(Q512)를 제어하는 제1 전압 강하 제어 신호(G512), 제1 초기 충전 스위치(Q513)를 제어하는 제1 초기 충전 제어 신호(G513), 제2 초기 충전 스위치(Q513)를 제어하는 제2 초기 충전 제어 신호(G5414)를 출력한다.
- [0273] 도 27은 도 26에 도시된 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부의 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0274] 도 27을 참조하면, 초기 충전 동작 중에 전압 강하 제어부(520)는 도 27의 (a)에 도시된 바와 같이 제1 및 제2 초기 충전 스위치(Q513, Q514)를 온시키는 제1 및 제2 초기 충전 제어 신호(G513, G514)를 출력하고, 제1 스위치

(Q511)를 오프시키는 제1 전압 강하 제어 신호(G511)와 제2 스위치(Q512)를 온시키는 제2 전압 강하 제어 신호(G512)를 출력한다.

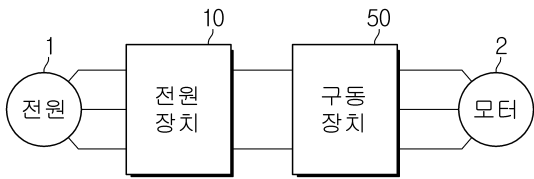
- [0275] 이와 같은 제어 신호(G511~G514)에 의하여 도 27의 (b)에 도시된 바와 같이 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co)에 초기 충전 전류가 공급되고, 초기 충전 전류에 의하여 도 27의 (c) 및 (d)에 도시된 바와 같이 공진 커패시터(Cr)와 전하 저장 회로(Co)의 전압이 높아진다.
- [0276] 이후, 정상 동작 중에 전압 강하 제어부(520)는 도 23의 (a)에 도시된 바와 같이 제1 및 제2 초기 충전 스위치(Q513, Q514)를 오프시키는 제1 및 제2 초기 충전 제어 신호(G513, G514)를 출력하고, 제1 스위치(Q511)과 제2 스위치(Q512)를 교대로 온/오프시키는 제1 및 제2 전압 강하 제어 신호(G511, G12)를 출력한다.
- [0277] 또한, 이와 같은 전류에 의하여 공진 커패시터(Cr)의 전압은 도 27의 (c)에 도시된 바와 같이 $V_i/2$ 를 중심으로 정현파 형태로 진동하며, 전하 저장 회로(Co)의 전압을 도 27의 (d)에 도시된 바와 같이 $V_i/2$ 로 일정하게 출력된다.
- [0278] 도 28는 또 다른 일 실시예에 의한 전압 강하 회로부 및 전압 강하 제어부를 도시한다.
- [0279] 도 28을 참조하면, 전압 강하 회로부(610)와 전압 강하 제어부(620)가 마련된다.
- [0280] 전압 강하 회로부(610)는 제1 스위치(Q611)와 제2 스위치(Q612), 전하 저장 회로(Co), 제1 다이오드(D611)와 제2 다이오드(D612), 공진 회로(611), 충전 전류 제한 회로(Z610), 제1 초기 충전 스위치(Q613), 제2 초기 충전 스위치(Q614)를 포함한다.
- [0281] 도 27에 도시된 공진 회로(511)와 도 28에 도시된 공진 회로(611)를 비교하면, 도 28에 도시된 공진 회로(611)에 포함된 공진 인덕터(Lr)와 공진 커패시터(Cr)의 배치 순서는 도 27에 도시된 공진 회로(511)에 포함된 공진 인덕터(Lr)와 공진 커패시터(Cr)의 배치 순서와 반대이다. 즉, 도 27에 도시된 공진 회로(511)는 공진 커패시터(Cr)가 제1 및 제2 다이오드(D511, D512) 측에 배치되는 반면 도 28에 도시된 공진 회로(611)는 공진 커패시터(Cr)가 제1 및 제2 스위치(Q611, Q612) 측에 배치된다.
- [0282] 이때, 제2 초기 충전 스위치(Q614)은 공진 커패시터(Cr)의 일측과 음의 입력 단자(IN610b) 사이에 마련될 수 있다. 물론 제2 초기 충전 스위치(Q614)가 공진 인덕터(Lr)의 일측과 음의 입력 단자(IN610b) 사이에 마련되더라도 무방하다.
- [0283] 이상에서는 개시된 발명의 제1 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 개시된 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며 청구범위에서 청구하는 개시된 발명의 요지를 벗어남 없이 개시된 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 다양한 변형실시가 가능함을 물론이고 이러한 변형실시들은 개시된 발명의 기술적 사상으로부터 개별적으로 이해되어져서는 아니될 것이다.

부호의 설명

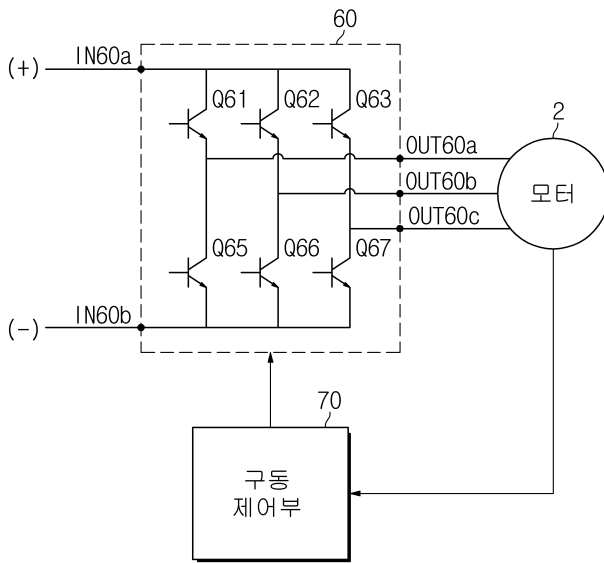
- | | |
|------------------|----------------|
| [0284] 10: 전원 장치 | 20: 정류 회로부 |
| 30: 평활 회로부 | 110: 전압 강하 회로부 |
| 111: 공진회로 | 120: 전압 강하 회로부 |
| Cr: 공진회로 커패시터 | Co: 전하 저장 회로 |
| D111: 제1 다이오드 | D112: 제2 다이오드 |
| Lr: 공진회로 인덕터 | Q111: 제1 스위치 |
| Q112: 제2 스위치 | |

도면

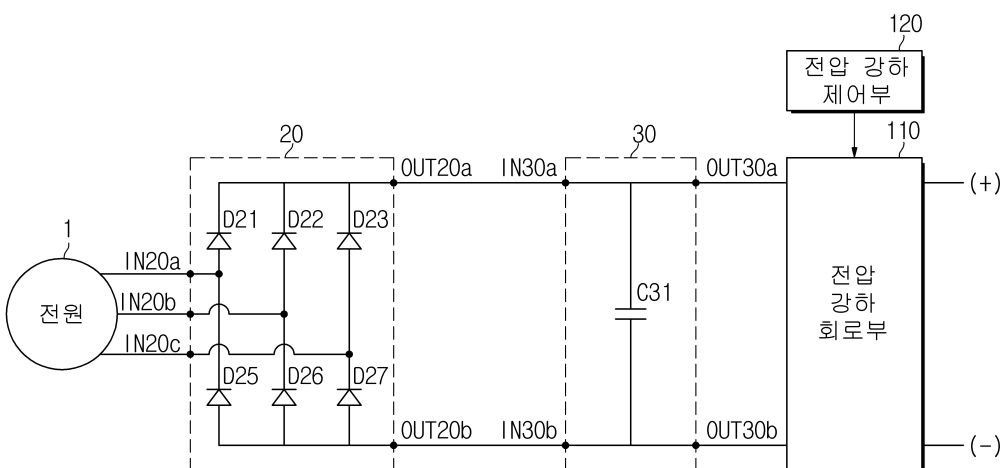
도면1



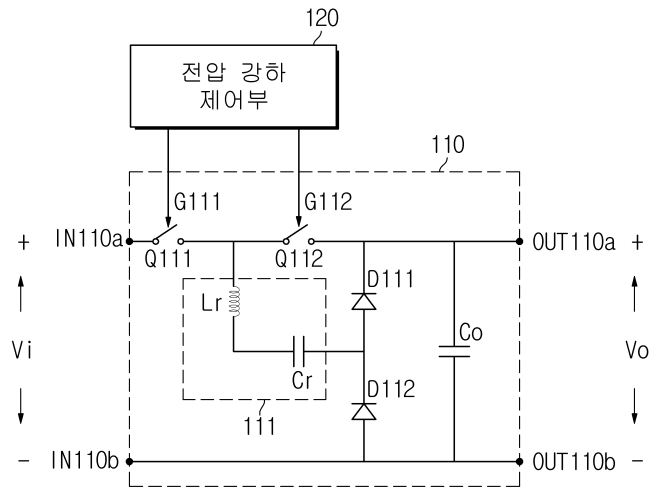
도면2



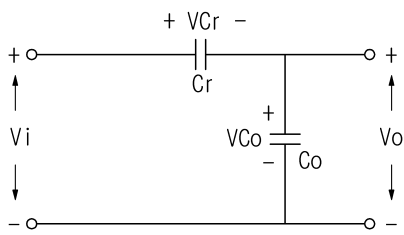
도면3



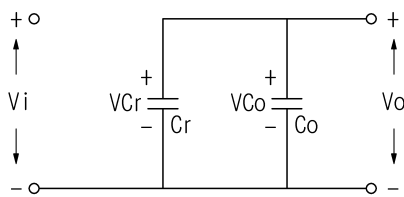
도면4



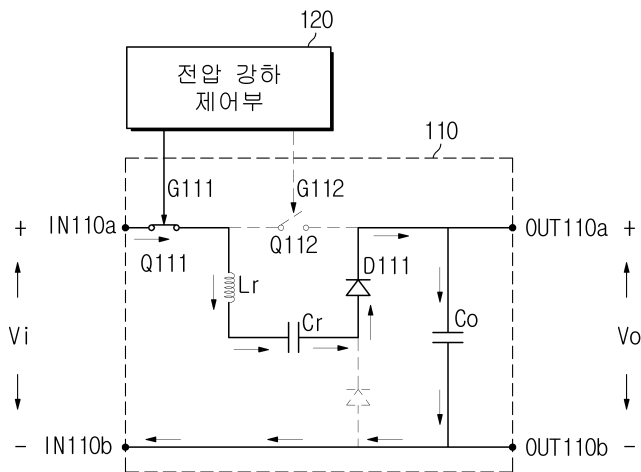
도면5



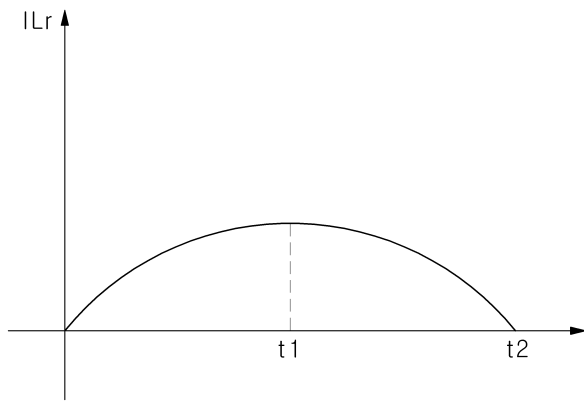
도면6



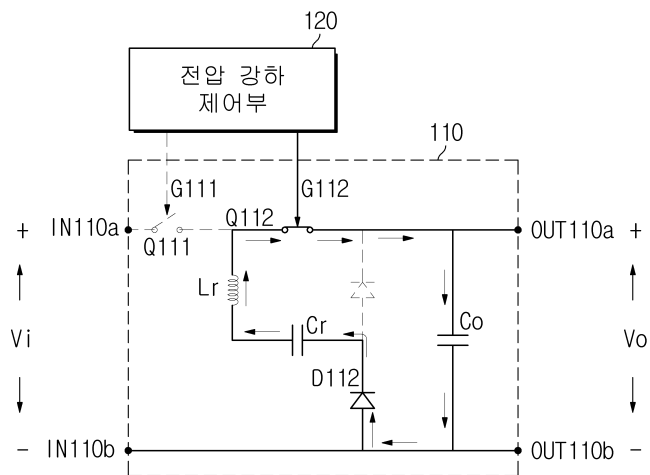
도면7



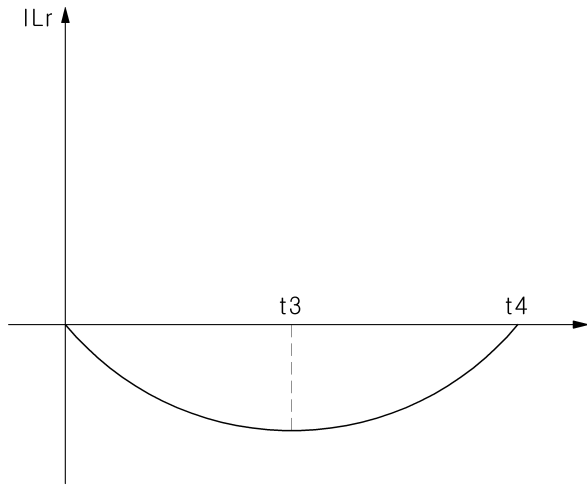
도면8



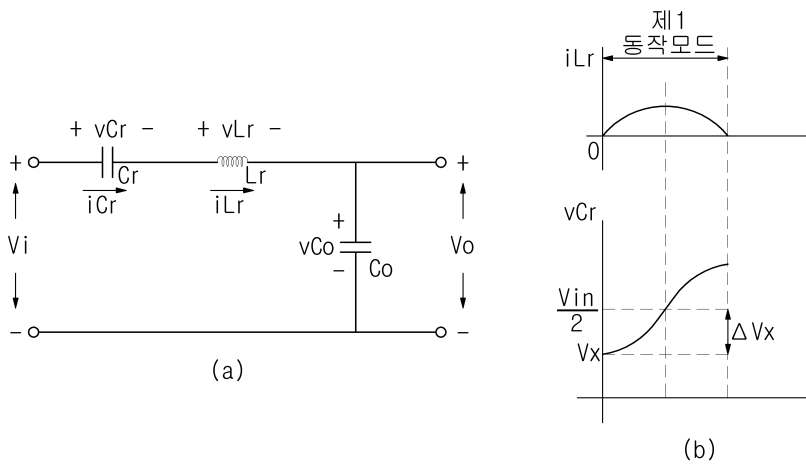
도면9



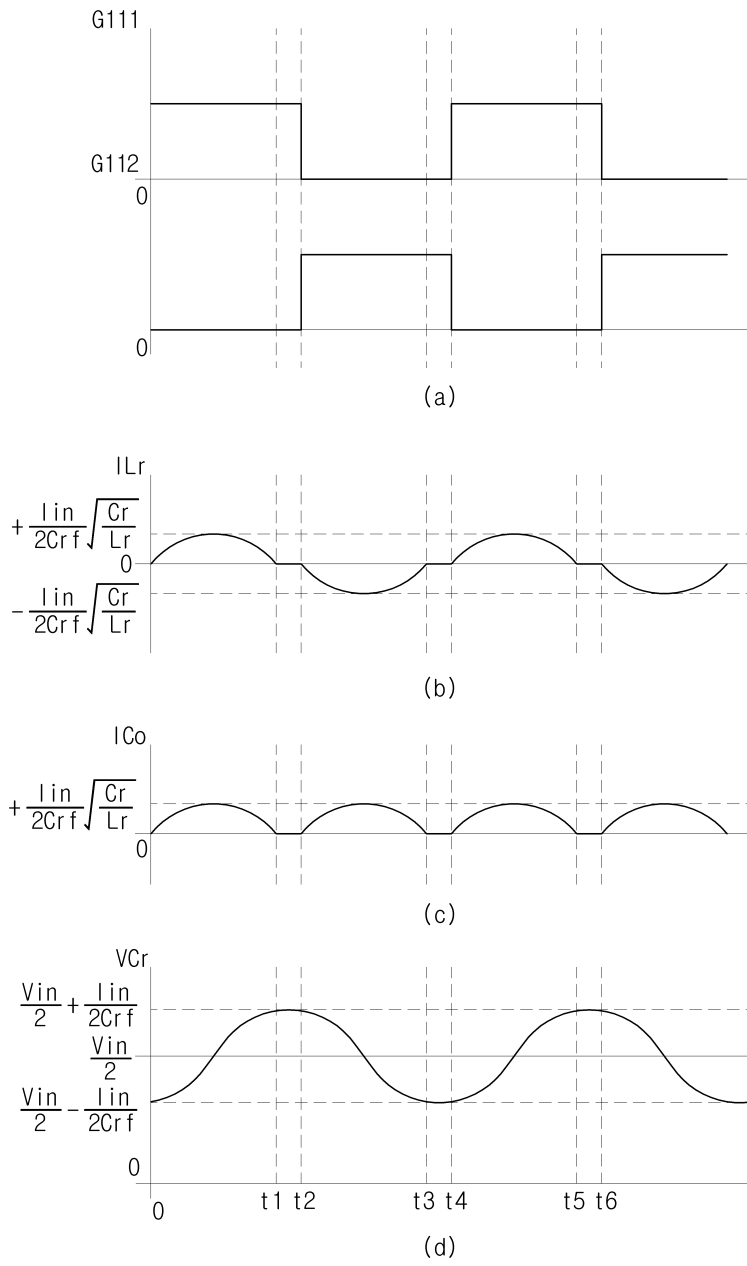
도면10



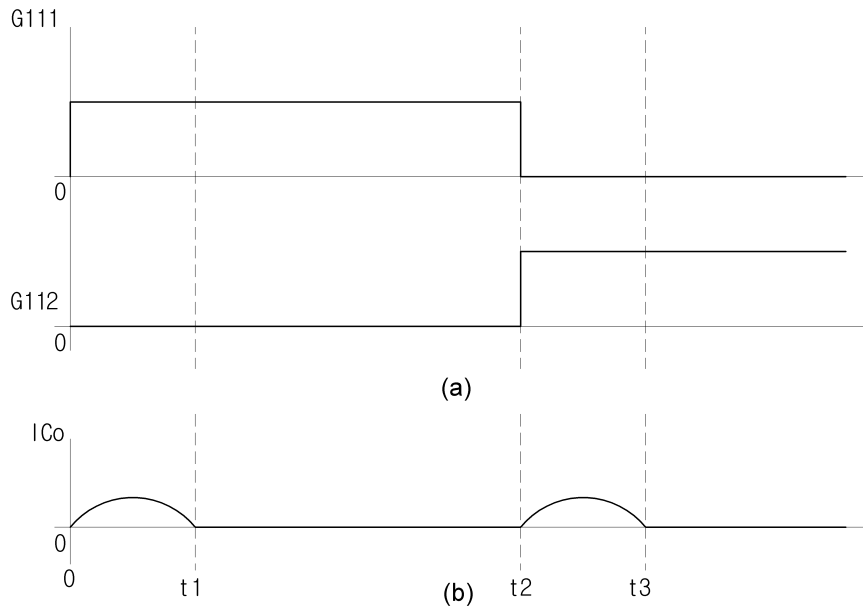
도면11



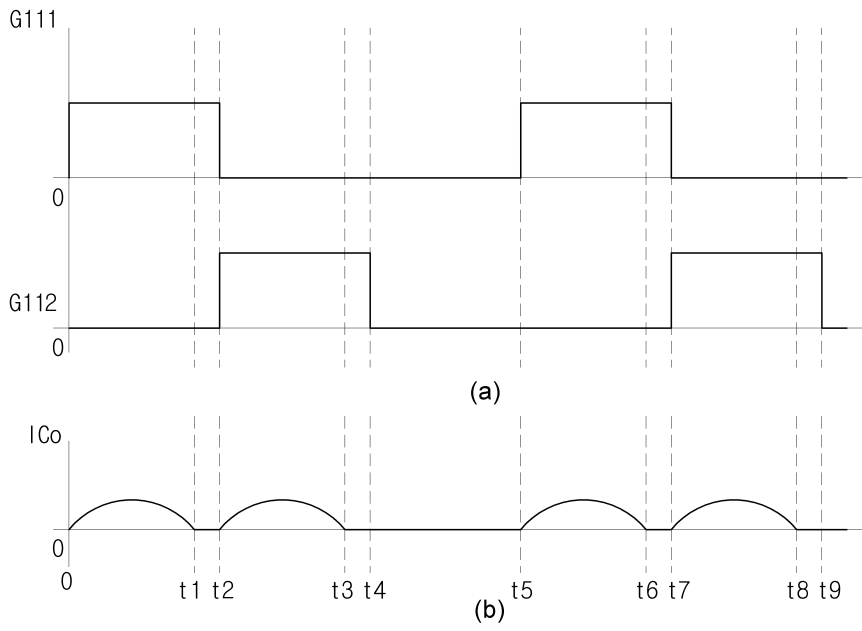
도면12



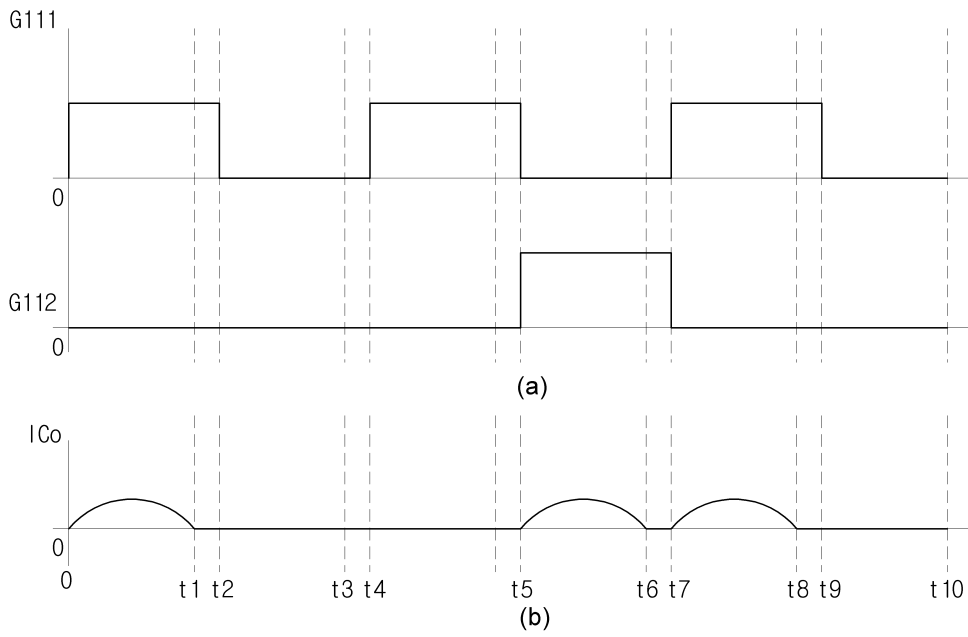
도면13



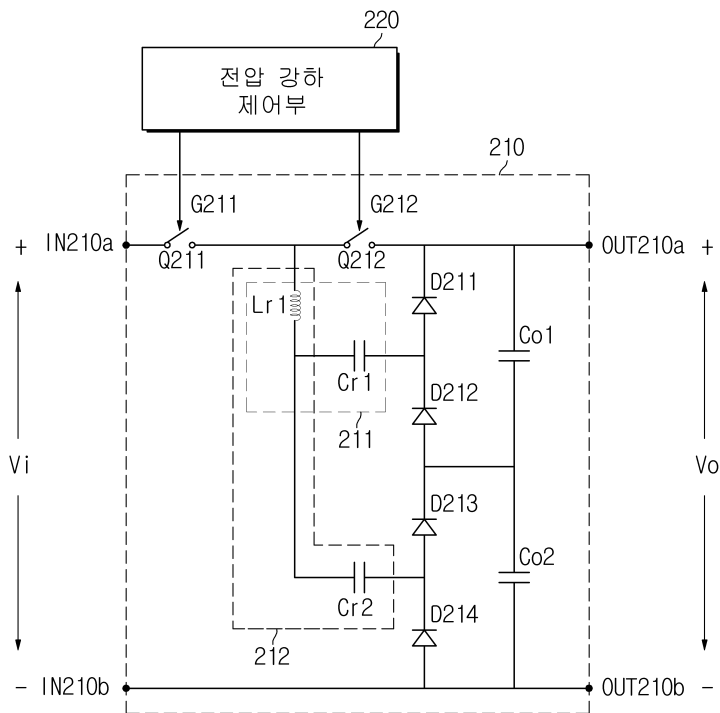
도면14



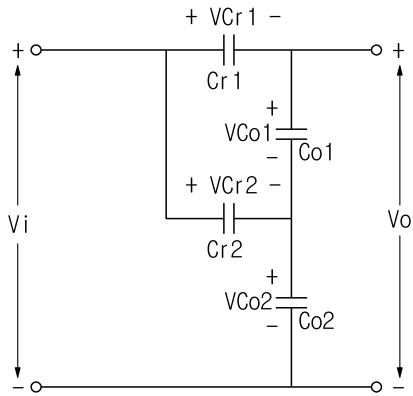
도면15



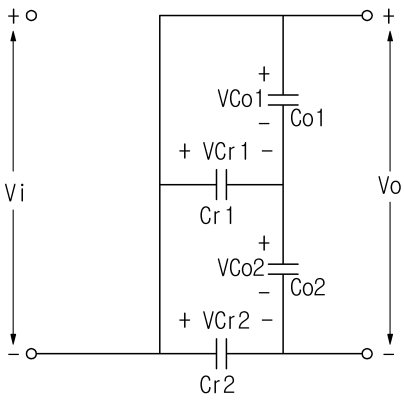
도면16



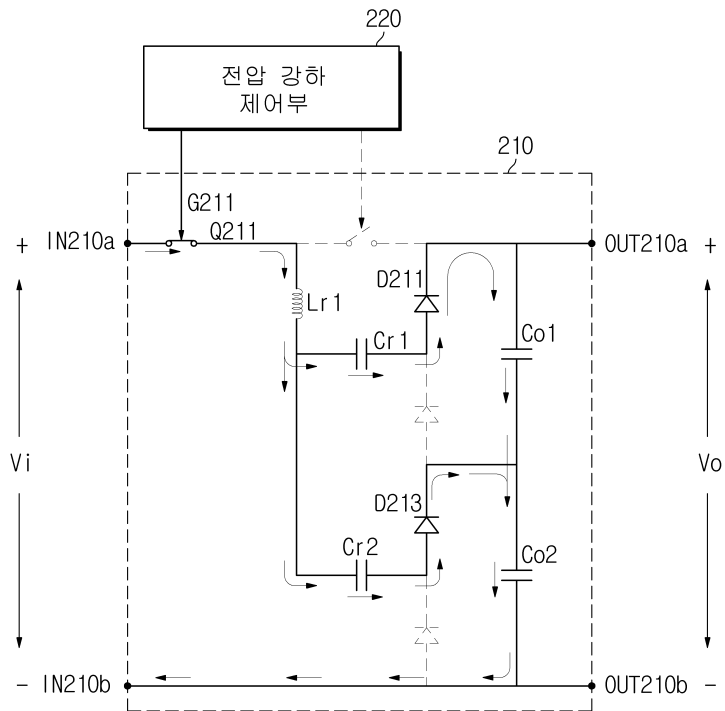
도면17



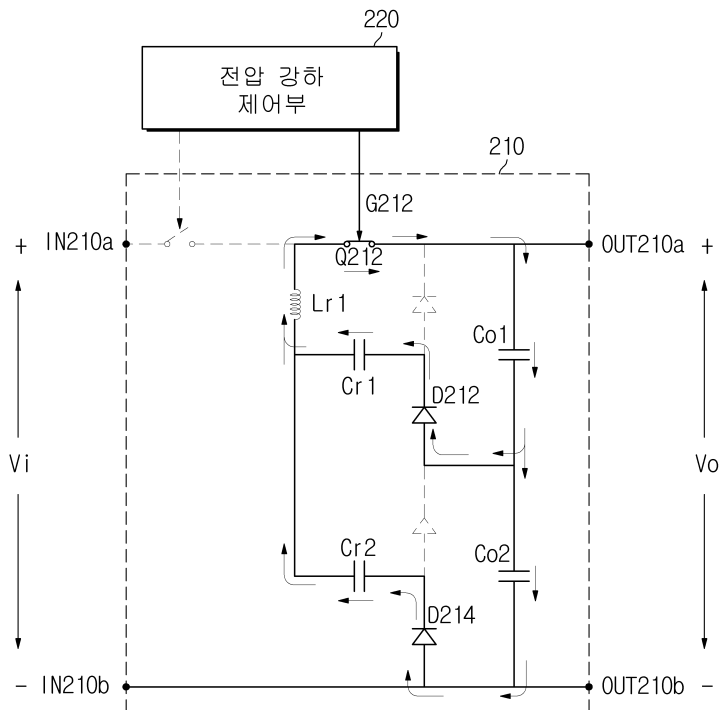
도면18



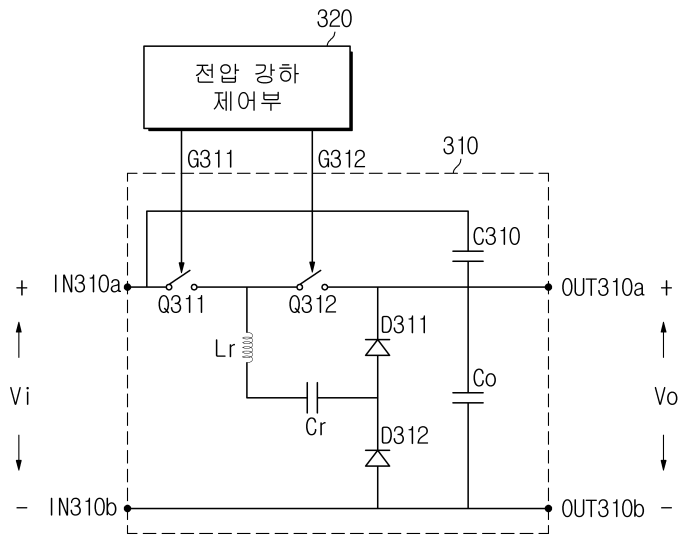
도면19



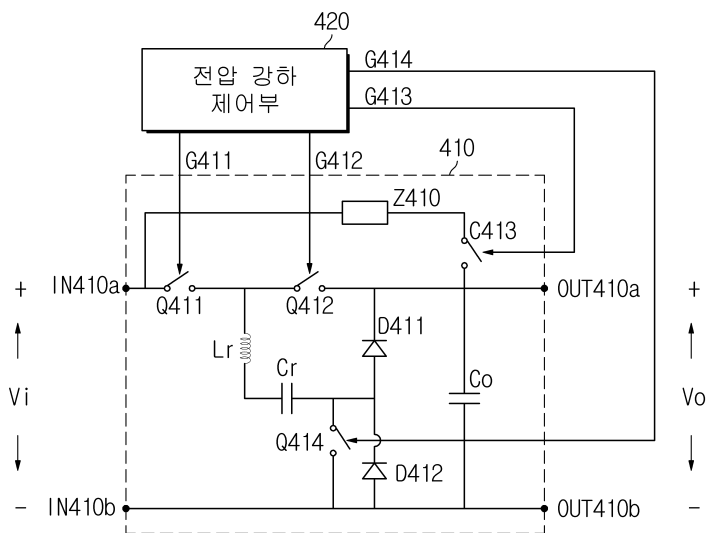
도면20



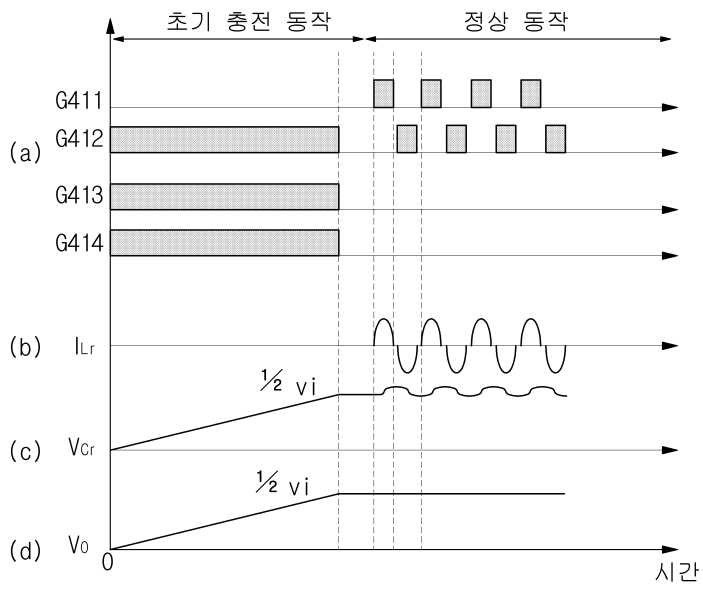
도면21



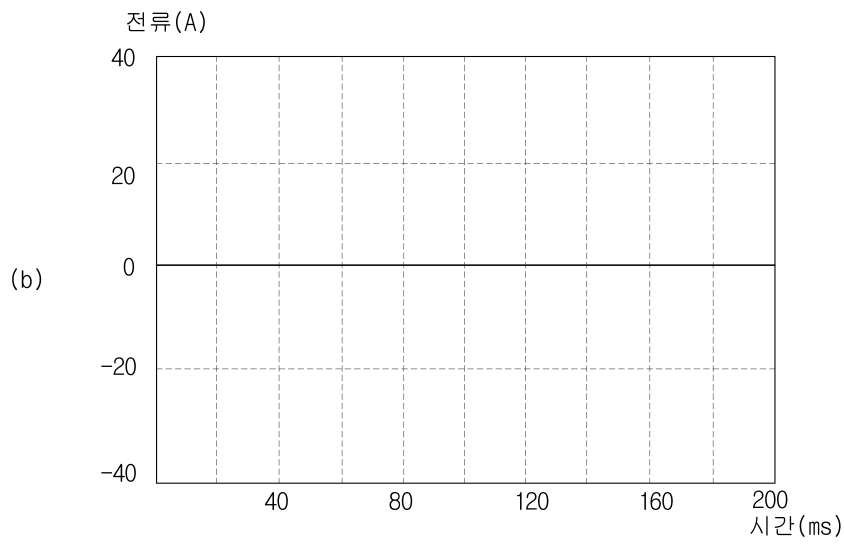
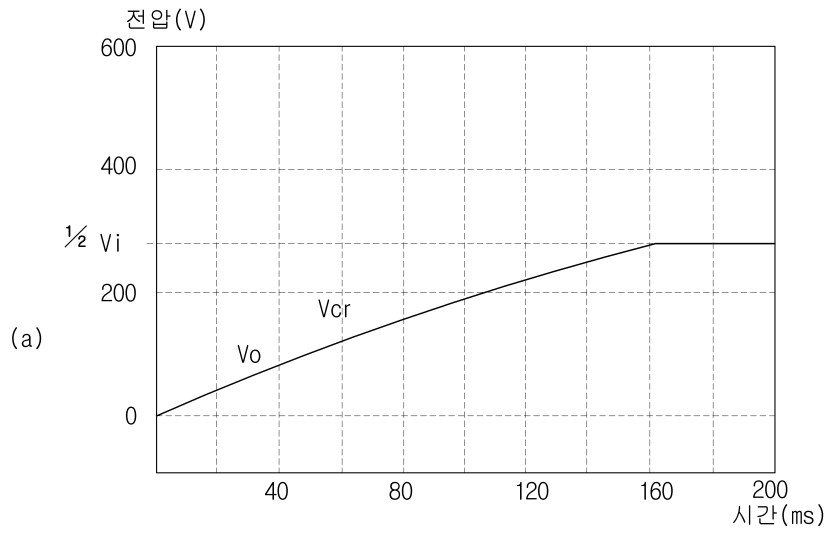
도면22



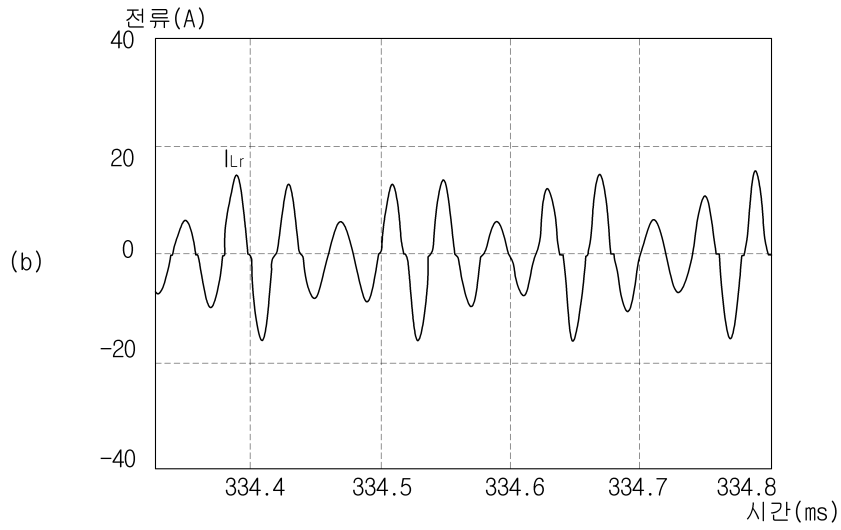
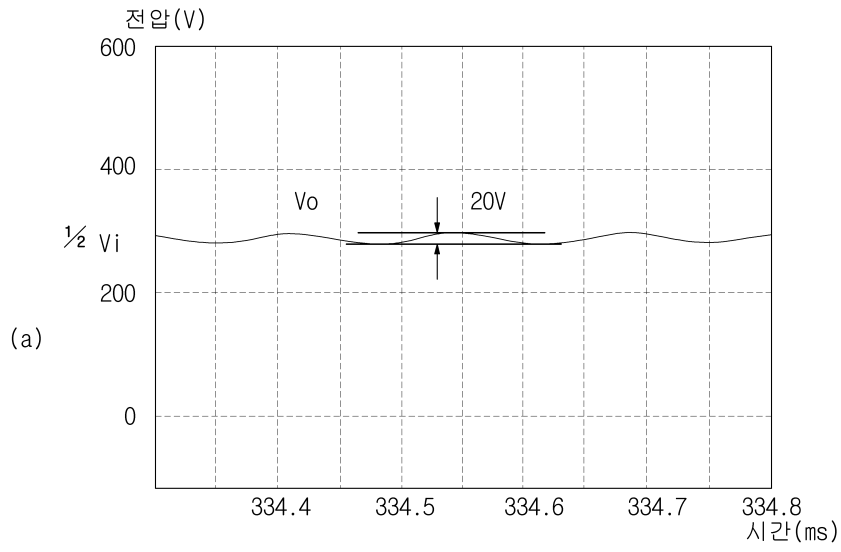
도면23



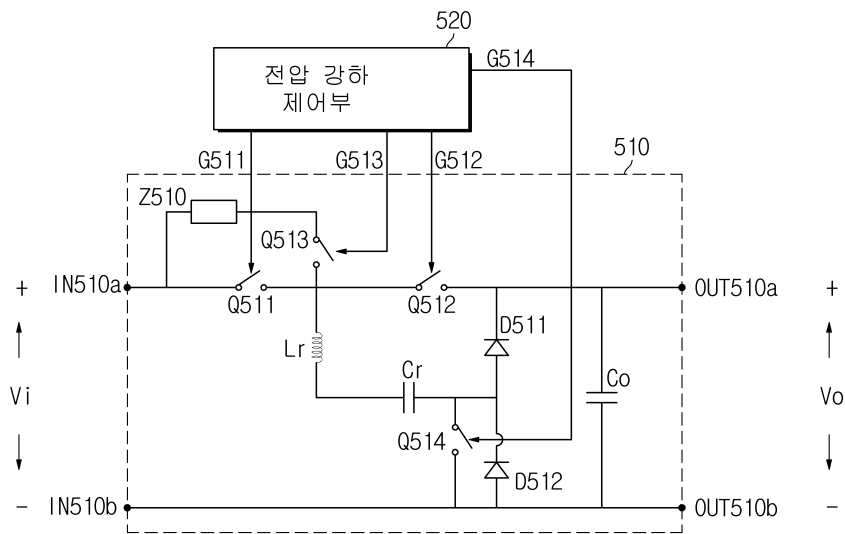
도면24



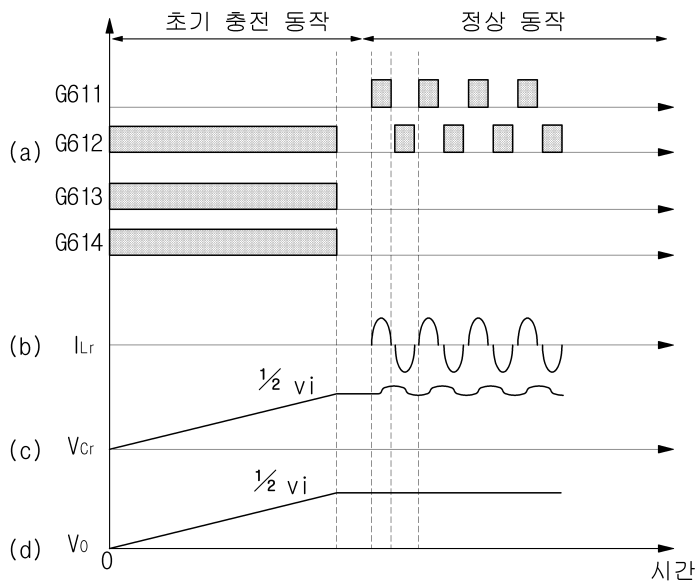
도면25



도면26



도면27



도면28

