(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[8]
H02M 3/28 (2006.01)

(45) 공고일자 2006년01월26일
(11) 등록번호 10-0547289
(24) 등록일자 2006년01월20일

(21) 출원번호 10-2005-0041829
(22) 출원일자 2005년05월18일

(65) 공개번호
(43) 공개일자

(73) 특허권자 주식회사 피에스텍
경기도 안산시 성곡동 672 시화공단 5라 시화아파트형공장 210호, 212호

(72) 발명자 성환호
경기도 군포시 산본동 1091 한양목련아파트 1222동 2301호

(74) 대리인 이철희
송해모

심사관 : 임창수

(54) 간헐 모드로 동작하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터

요약

본 발명은 간헐 모드로 동작하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터(Synchronous Rectification Type Series Resonant Converter)에 관한 것이다.

본 발명은 입력 직류 전압을 공급하는 입력 전원; 입력 전원과 연결되어 입력측 스위칭 소자를 스위칭(Switching)하여 입력 직류 전압을 교류 전압으로 변환하는 입력측 스위칭부; 입력측 스위칭부와 연결되어 LC 공진 현상을 이용하여 공진 인덕터(Ir: Resonance Inductor)와 공진 캐패시터(Cr: Resonance Capacitor)에 에너지를 저장하였다가 출력으로 전달하는 LC 공진 회로부; 일차측 권선이 LC 공진 회로부와 연결되어 공진 전압을 권선비에 따라 소정의 레벨의 전압으로 변환하여 이차측 전압을 생성하고 이차측 권선을 통해 전달하는 변압기(Transformer); 변압기의 이차측 권선에 연결되어 출력측 스위칭 소자를 스위칭하여 이차측 전압을 출력 직류 전압으로 변환하는 출력측 스위칭부; 및 변압기의 이차측 권선에 연결되고, 출력측 스위칭부에 연결되어 이차측 권선에 흐르는 이차측 전류의 극성을 감지하고, 데드 타임(Dead Time)을 생성하여. 극성에 따라 출력측 스위칭부의 출력측 스위칭 소자를 구동하는 구동 신호를 생성한 후 출력측 스위칭 소자의 턴온 및 턴오프를 제어하는 게이트 구동 회로부를 포함하는 것을 특징으로 하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터를 제공한다.

본 발명에 의하면, 간편한 방식과 간소한 구성으로 무부하 특성을 제어할 수 있을 뿐만 아니라 간단한 저항을 추가함으로써 데드 타임을 생성할 수 있어 영 전압 스위칭 시에 발생할 수 있는 스위칭 손실을 간편하게 줄일 수 있다.

대표도

도 3

색인어

직렬 공진 컨버터, 동기 정류, 간헐 모드, 변환 효율, 데드 타임, Series Resonant Converter, SRC, Synchronous Rectifier, Intermittence Mode, Hiccup Mode, Conversion Efficiency, Dead Time

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 통상적인 직렬 공진 컨버터와 공진 전류 특성 곡선을 나타낸 도면,

도 2는 무부하 특성을 개선하기 위한 통상적인 LLC 직렬 공진 컨버터와 LCC 직렬 공진 컨버터를 나타낸 도면,

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 동기 정류형 직렬 공진 컨버터를 간략하게 나타낸 회로도,

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 게이트 구동 회로부를 간략하게 나타낸 회로도,

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 동기 정류형 직렬 공진 컨버터의 동작 파형을 설명하기 위한 파형도,

도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 동기 정류형 직렬 공진 컨버터의 동작 파형을 나타낸 도면,

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 간헐 모드의 동작 방법을 설명하기 위한 도면이다.

< 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >

110, 310: 입력 전원 120: 스위칭 소자

130, 330: LC 공진 회로부 140, 340: 변압기

150: 브리지 정류 회로 160: 캐패시터

170, 380: 출력단 210: 병렬 인덕터

220: 병렬 캐패시터 320: 입력측 스위칭부

332: 공진 인덕터 334: 공진 캐패시터

350: 게이트 구동 회로부 360: 출력측 스위칭부

370: 출력측 캐패시터 410: 변류기

420: 데드 타임 제너레이터 430: 브리지 다이오드

440: 비교기 450: 게이트 드라이버

452: Q11 게이트 드라이버 454: Q12 게이트 드라이버

456: Q13 게이트 드라이버 458: Q14 게이트 드라이버

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 간헐 모드로 동작하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터(Synchronous Rectifier Type Series Resonant Converter)에 관한 것이다. 더욱 상세하게는, 직류 전압을 소정 레벨의 직류 전압으로 변환하는 DC/DC 컨버터에 있어서 DC/DC 컨버터의 고주파 정류기를 동기 정류기로 교체하고 동기 정류기의 스위칭 손실을 줄이기 위해 데드 타임 제너레이터를 간단한 방법으로 구현하여 낮은 출력 전압에서 변환 효율을 극대화하고, DC/DC 컨버터의 직렬 공진 회로를 간헐 모드로 제어하여 무부하 특성을 개선할 뿐만 아니라 변환 효율을 개선하고 제작 단가를 줄이는 간헐 모드로 동작하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터에 관한 것이다.

현재, 절연형 DC/DC 컨버터를 구현하기 위한 회로 방식은 많이 존재하는데, 그 한 예가 직렬 공진형 컨버터(SRC: Series Resonant Converter, 이하 'SRC'라 칭함)이다.

도 1은 통상적인 SRC와 공진 전류 특성 곡선을 나타낸 도면이다.

1A는 통상적인 SRC를 나타낸 것으로서, 통상적인 SRC는 인덕터(Inductor)와 캐패시터(Capacitor)의 공진 현상을 이용한 것으로 변환 효율이 양호한 편에 속한다. 이러한 통상적인 SRC의 회로는 직류의 입력 전원(V)(110); 입력 전원(V)(110)의 입력 전압을 교번적으로 스위칭하여 직류 전압을 교류 전압으로 변환하여 전달하는 4 개의 스위칭 소자(Q1, Q2, Q3, Q4)(120); 전달된 교류 전압의 주파수 특성을 변환하는 LC 공진 회로부(Lr(132), Cr(134))(130); LC 공진 회로부(130)로부터 전달 받은 교류 전압 즉, 일차측 전압을 요구되는 소정 레벨의 전압으로 변환하여 출력하여 이차측 전압을 전달하도록 소정의 권선비를 가지는 변압기(T: Transformer)(140); 변압기(140) 2차 측에 유도된 교류 전압을 직류 전압으로 정류하는 브리지 정류 회로(150); 정류된 직류 전압을 필터링하는 캐패시터(C)(160); 및 필터링된 직류 전압을 출력하는 출력단(R)(170)으로 구성된다. 여기에서, LC 공진 회로부(130)를 구성하는 인덕터(Inductor)는 따로 추가하기도 하지만 변압기(140)의 누설 인덕턴스를 크게 하여 이용하기도 한다.

이러한 SRC를 이용하여 DC/DC 변환을 하는 동작 과정을 간략하게 설명하자면, 입력 전원(V)을 통해서 입력되는 직류 전압은 전술한 스위칭 소자 중 한 쌍의 스위칭 소자(Q1, Q4)가 반주기 동안 도통하고 나머지 한 쌍의 스위칭 소자(Q3, Q4)가 나머지 반주기 동안 도통하는 과정을 주기적으로 반복하면서, 양(+)의 전압과 음(-)의 전압으로 교번하는 교류의 구형파 펄스 전압으로 변환된다.

변환된 교류의 구형파 펄스 전압은 공진 인덕터(132)과 공진 캐패시터(134)로 구성된 LC 공진 회로부(130)로 전달되고, LC 공진 회로부(130)는 에너지를 저장했다가 출력으로 전달한다.

이때 LC 공진 회로부(130)의 공진 전압과 공진 전류는 인가되는 구형파의 주파수에 따라 그 크기가 변하는 특성을 갖는다.

변압기(140)는 입력 전류를 권선비에 따라 출력 전류로 변환하여 이차측으로 전달하고, 변환된 변압기(140)의 이차측 전류는 브리지 정류 회로(150)를 통해 직류로 정류되어 캐패시터(C)(160)에 의해 필터링된 후에 출력단(R)(170)으로 출력 전압이 출력된다.

이때 전술한 스위칭 소자를 통해 스위칭하는 주파수를 스위칭 주파수라고 하며, 이러한 스위칭 주파수가 높으면 높을수록 출력 필터링을 위한 캐패시터(160)와 공진 인덕터(132), 공진 캐패시터(134) 등의 크기를 줄일 수 있어 전체 회로의 크기와 무게를 줄일 수 있게 된다. 반면 스위칭 과도 기간에 전류와 전압의 겹침으로 인한 손실이 있는데, 이를 스위칭 손실이라고 하며, 스위칭 주파수가 높아지는 것에 비례하여 이러한 스위칭 손실도 함께 증가하여 회로의 효율이 낮아지는 문제점이 있다.

한편, 1B는 스위칭 주파수(F_{SW})에 따른 공진 전류(Ir)의 특성을 나타내는 도면이다.

스위칭 주파수가 공진 주파수(Fr)인 $\frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}}$ 이 되면 공진 전류(Ir)는 최대가 되고 스위칭 주파수가 공진 주파수보다 높아지면 높아 질수록 공진 전류가 감소하고 스위칭 주파수가 공진 주파수보다 낮아지면 낮아 질수록 공진 전류는 감소한다. 이러한 특성으로 인해 대부분의 통상적인 SRC는 펄스 주파수 변조(Pulse Frequency Modulation, 이하 'PFM'이라 칭함) 방식을 이용하여 출력을 제어한다.

그러나 이러한 SRC의 큰 단점 중의 하나는 1B에 도시한 특성 곡선에서 알 수 있듯이 주파수를 아무리 높여도 공진 전류가 '0'이 되지 않는다는 것이다. 즉, 스위칭을 계속하는 한 출력 전류가 0이 되는 무부하 상태를 동작영역으로 포함할 수 없는 것이다. 이러한 무 부하 상태에서의 제어 특성을 개선하기 위해서 현재 산업 현장에서는 LLC SRC와 LCC SRC를 많이 사용하고 있다.

도 2는 무부하 특성을 개선하기 위한 통상적인 LLC 직렬 공진 컨버터와 LCC 직렬 공진 컨버터를 나타낸 도면이다. 2A는 통상적인 LLC 직렬 공진 컨버터를 나타낸 것이고, 2B는 통상적인 LCC 직렬 공진 회로를 나타낸 것이다. 도시된 바와 같이 LLC SRC와 LCC SRC는 각각 변압기(140)의 일차측 권선과 병렬로 병렬 인덕터(L_P)(210)와 병렬 캐패시터(C_P)(220)를 추가한 것이다.

이 경우에는 전체 공진 전압이 각 부품의 임피던스에 비례하여 나누어져 분압되는데 변압기(140)의 일차측 전압이 출력 전압보다 작으면 이차측 정류 다이오드가 도통하지 않으므로 무부하 상태의 출력 제어가 가능하게 된다.

LLC SRC는 변압기(140)와 병렬로 인덕터(210)를 추가한 방식이고, LLC SRC는 변압기와 병렬로 캐패시터(220)를 추가한 방식이다. 각 회로 방식은 장단점이 있는데 다음과 같다.

LLC SRC는 실제로 적용이 될 때에는 변압기(140)의 누설 인덕턴스를 공진 인덕터(Lr)로 이용하고 변압기의 코어(Core)에 갭을 삽입하여 자화 인덕턴스(Magnetizing Inductance)를 조절하여 병렬 인덕터(210)로 이용한다. 즉 공진 캐패시터(134) 이외에 추가 부품이 없는 장점이 있다.

그러나 변압기(140)의 일차측 권선에 이 자화 인덕턴스로 흐르는 전류가 항상 흐르고 있어 변압기(140)의 일차측 권선이 이차측 권선에 비해 상대적으로 굵은 권선을 이용해야 하므로 변압기가 커지게 되는 단점을 수반하고 있다. 즉 일-이차 권선 전류가 권선비에 비례하지 않는 것이다.

LCC SRC는 병렬 캐패시터(220)를 변압기(140)의 이차측 권선에 두면 병렬 캐패시터(220)로 흐르는 전류가 변압기(140)의 일, 이차측 권선에 모두 흐르게 되어 LLC SRC보다 변압기(140)의 크기가 더 커지게 된다. 따라서 공진 인덕터(132)를 따로 장착하고 병렬 캐패시터(134)를 일차측 권선에 두게 되면 변압기(140)는 최적의 상태로 제작이 가능하다. 그러나 이 경우에도 변압기(140)의 누설 인덕턴스를 이용하지 못하여 제작 단가가 상승하는 단점을 수반하게 된다.

이상 살펴본 바와 같이 종래의 직렬 공진 컨버터는 무부하 상태를 출력하지 못하는 문제점 즉, 출력 전압이 비정상적으로 상승하여 출력 전압을 제어할 수 없는 문제점이 있었다. 또한, 무부하 상태를 제어할 수 있는 직렬 공진 컨버터가 현재 제공되고 있기는 하지만, 이 경우 구비해야 하는 전력 소자의 크기가 커지거나 제작 단가가 상승하는 단점을 내포하고 있었다. 따라서, 별도의 외부 부품 없이 무부하 특성을 제어할 수 있으며 또한, 전력 변환 효율을 극대화할 수 있는 직렬 공진 컨버터가 요구된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 발명은, 직류 전압을 소정 레벨의 직류 전압으로 변환하는 DC/DC 컨버터에 있어서 DC/DC 컨버터의 고주파 정류기를 동기 정류기로 교체하고 동기 정류기의 스위칭 손실을 줄이기 위해 데드 타임 제너레이터를 간단한 방법으로 구현하여 낮은 출력 전압에서 변환 효율을 극대화하고, DC/DC 컨버터의 직렬 공진 회로를 간헐 모드로 제어하여 무부하 특성을 개선할 뿐만 아니라 변환 효율을 개선하고 제작 단가를 줄이는 간헐 모드로 동작하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터를 제공하는 데에 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

이러한 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 입력 직류 전압을 입력 직류 전압과 다른 레벨을 갖는 출력 직류 전압으로 변환하는 직렬 공진 컨버터(SRC: Series Resonant Converter)에 있어서, 입력 직류 전압을 공급하는 입력 전원; 입력 전원과 연결되어 입력측 스위칭 소자를 스위칭(Switching)하여 입력 직류 전압을 교류 전압으로 변환하는 입력측 스위칭부; 입력측 스위칭부와 연결되어 LC 공진 현상을 이용하여 공진 인덕터(Ir: Resonance Inductor)와 공진 캐패시터(Cr: Resonance Capacitor)에 에너지를 저장하였다가 출력으로 전달하는 LC 공진 회로부; 일차측 권선이 LC 공진 회로부와 연결되어 공진 전압을 권선비에 따라 소정의 레벨의 전압으로 변환하여 이차측 전압을 생성하고 이차측 권선을 통해 전달하는 변압기(Transformer); 변압기의 이차측 권선에 연결되어 출력측 스위칭 소자를 스위칭하여 이차측 전압을 출력 직류 전압으로

변환하는 출력측 스위칭부; 및 변압기의 이차측 권선에 연결되고, 출력측 스위칭부에 연결되어 이차측 권선에 흐르는 이차측 전류의 극성을 감지하고, 데드 타임(Dead Time)을 생성하여. 극성에 따라 출력측 스위칭부의 출력측 스위칭 소자를 구동하는 구동 신호를 생성한 후 출력측 스위칭 소자의 턴온 및 턴오프를 제어하는 게이트 구동 회로부를 포함하는 것을 특징으로 하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터를 제공한다.

또한, 본 발명의 다른 목적에 의하면, 스위칭 소자와 LC 공진 회로를 이용하여 입력 직류 전압을 입력 직류 전압과 다른 레벨의 출력 직류 전압으로 변환하는 직렬 공진 컨버터(SRC: Series Resonant Converter)에서 무부하 또는 경부하 상태의 출력을 제어하는 방법에 있어서, 스위칭 소자를 간헐 모드를 이용하여 스위칭(Switching)하여 LC 공진 회로로 인입되는 동작 전류를 0에 가까운 전류가 되도록 무부하 또는 경부하 상태의 출력을 제어하되, 간헐 모드는 스위칭 소자의 턴온 시간, 턴오프 시간 및 턴온 주기 중 어느 하나 이상을 변경하여 스위칭 소자를 동작시키는 스위칭 동작 방법인 것을 특징으로 하는 간헐 모드를 이용한 출력 제어 방법을 제공한다.

이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 우선 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.

본 발명의 구성은 크게 무부하 특성을 제어하기 위한 직렬 공진 컨버터(SRC: Series Resonant Converter, 이하 'SRC'라 칭함)의 제어 방법과 전력 변환 효율의 극대화하고 그 구현을 간략하게 하기 위한 동기 정류기의 구현 방법의 두 가지로 나눌 수 있는데, 설명의 편의상 먼저 도 3 내지 도 6을 통해 동기 정류기 구현 방법에 대해서 설명하고, 그 후에 도 7을 통해 간헐 모드 제어 방식을 이용하여 SRC의 무부하 특성을 개선하는 방법에 대해서 상세하게 설명하도록 한다.

이하, 도 3 내지 도 6을 통해 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 SRC의 변환 효율을 개선하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터의 구현 방법에 대해서 상세하게 설명하도록 한다.

도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 동기 정류형 직렬 공진 컨버터를 간략하게 나타낸 회로도이다.

도 3에 도시된 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 SRC의 변환 효율을 개선하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터는 입력 전원(V: 310), 입력측 스위칭부(Q1, Q2, Q3, Q4: 320), LC 공진 회로부(330), 변압기(T: 340), 게이트 구동 회로부(350), 출력측 스위칭부(Q11, Q12, Q13, Q14: 360), 출력 캐패시터(Co: 370) 및 출력단(Ro: 380)을 포함한다.

입력 전원(310)은 직류 전원을 공급하는 공급 전원이다.

입력측 스위칭부(320)는 풀 브리지 형태로 연결된 4개의 스위칭 소자(Q1, Q2, Q3, Q4)와 각각의 스위칭 소자에 내장된 입력측 바디 다이오드(Body Diode)(D1, D2, D3, D4)로 구성되어, 인가되는 주파수에 대응하는 주기로 스위칭 동작을 수행하여 입력 전원(310)으로부터 전달되는 직류 전원을 교류 전원으로 변환하여 전달하는 기능을 수행한다.

즉, 입력 전원(310)으로부터 전달된 직류 전압은 입력측 스위칭부(320) 중 한 쌍의 스위칭 소자(Q1, Q4)가 반주기 동안 도통하고 나머지 한 쌍의 스위칭 소자(Q2, Q3)가 나머지 반주기 동안 도통하는 주기적 과정에 의해 다른 극성으로 교번하는 구형파 펄스의 전압으로 출력된다. 각 스위칭 소자(Q1, Q2, Q3, Q4)에 내장된 입력측 바디 다이오드(D1, D2, D3, D4)는 각 스위칭 소자(Q1, Q2, Q3, Q4)가 턴오프될 때 변압기(140)의 이차측 전류가 흐르게 된다.

또한, 입력측 스위칭부(320)는 전술한 바와 같이 한 쌍의 스위칭 소자(Q1, Q4)를 반주기 동안 도통하고 나머지 한 쌍의 스위칭 소자(Q2, Q3)를 나머지 반주기 동안 도통 시키기 위해 스위칭 소자(Q1, Q2, Q3, Q4)를 구동하는 게이트 구동 회로(미도시)를 포함한다. 이는 통상적인 게이트 구동 회로로서 당업자에게 자명한 사실이므로 그에 대한 상세한 설명은 생략한다. 또한, 이는 후술하는 과정에서 설명할 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 간헐 모드 제어 방법을 위한 스위칭을 위해 사용된다.

LC 공진 회로부(330)는 입력측 스위칭부(320)와 연결되어 있으며, 입력측 스위칭부(320)의 스위칭 소자(Q1, Q2, Q3, Q4)가 발생시키는 구형파 펄스 전압을 통과시켜 변압기(340)의 일차측 전압을 LC 공진 현상을 이용하여 제어하는 기능을 수행한다. 즉, 펄스 주파수 변조(Pulse Frequency Modulation, 이하 'PFM'이라 칭함) 방식으로 스위칭 주파수를 조절함으로써 공진 전류(Ir)와 공진 전압(Vr)을 제어하여 변압기(340)의 이차측 전압을 조절한다. 또한, 본 발명에서 LC 공진 회로부는 일차측 권선과 직렬로 연결하는 공진 인덕터(Lr)(332) 및 공진 캐패시터(Cr)(334)로 이루어지는 것으로 구성하였으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

변압기(340)는 일차측 전압, 즉 LC 공진 회로부(330)로부터 전달된 공진 전압을을 권선비에 따라 이차측 전압으로 변환하여 출력측 스위칭부(360)로 전달한다. 즉 입력 전압을 요구되는 소정의 레벨의 전압값으로 변환한다.

게이트 구동 회로부(350)는 변압기(340) 이차측 권선에 흐르는 이차측 전류(Io)의 극성을 감지하여 그 극성에 따라 출력측 스위칭부(360)를 제어한다. 즉, 게이트 구동 회로부(350)는 전술한 입력측 스위칭부(320)의 게이트 구동 회로(미도시)와 같이 외부의 조작에 의해 각 스위칭 소자(Q1, Q2, Q3, Q4)를 턴온 또는 턴오프하는 것이 아니라 이차측 전류(Io)의 극성에 따라 출력측 스위칭부(360)의 스위칭 소자(Q11, Q12, Q13, Q14)를 자동으로 턴온 또는 턴오프한다. 이에 대한 상세한 설명은 후술하는 과정에서 도 4를 통해 설명하기로 한다.

출력측 스위칭부(360)는 교류인 변압기(340)의 이차측 전압을 직류 전압으로 변환하는 역할을 수행한다. 즉, 전술한 게이트 구동 회로부(350)의 제어에 따라 스위칭 소자(Q11, Q12, Q13, Q14)의 두 개의 쌍(각각 Q11, Q14와 Q12, Q13)이 주기적으로 턴온(Turn On), 턴오프(Turn Off)되면서 교류 전압을 직류 전압으로 정류한다. 특히 본 발명의 바람직한 실시예에서는 스위칭 소자(Q11, Q12, Q13, Q14)로서 일반적인 다이오드 정류기 대신에 역 도통이 가능한 금속 산화막 반도체 전계 효과 트랜지스터(MOSFET: Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor, 이하 'MOSFET"이라 칭함)를 정류기로 이용한다.

즉, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 SRC의 변환 효율을 개선하는 동기 정류형 직렬공진 컨버터는 일반적인 다이오드 정류기 대신에 역 도통이 가능한 MOSFET을 정류기로 채택함으로써, MOSFET이 턴온 상태가 되면 역 도통(Reverse Conduction)이 가능한 역 도통 저항(Rdson)의 특성을 보이는 것을 이용해 정류기의 도통 손실을 줄이도록 하였다. 예를 들어 10 A의 전류가 일반 실리콘 다이오드(Silicon Diode)를 통해서 흐르면 약 1V의 전압 강하가 발생하여 10 A × 1 V = 10 W 정도의 도통 손실이 발생하고, 쇼트키 다이오드(Schottky Diode)를 통해서 흐르면 약 0.4 V의 전압 강하가 발생하여 10 A × 0.4 V = 4 W의 도통 손실이 발생한다. 그러나 역 도통 저항(Rdson)이 0.01 Ω인 MOSFET로 동기 정류를 하면 10 A × 10 A × 0.01 Ω = 1 W의 도통 손실이 발생하므로 종래의 통상적인 실리콘 다이오드를 이용할 때와 비교하여 도통 손실을 효과적으로 줄일 수 있다.

또한, 출력측 스위칭부(360)는 전술한 바와 같이 각각의 스위칭 소자에 출력측 쇼트키 다이오드가 병렬로 연결되어 있다. 도시된 바와 같이 출력측 스위칭부(360)의 스위칭 소자(Q11, Q12, Q13, Q14)에 출력측 쇼트키 다이오드(D11, D12, D13, D14)를 연결하는 이유는 변압기(340)의 이차측 전류인 공진 전류(Ir)가 0이 되기 전에 스위칭 소자가 턴오프될 때 스위칭 소자에 내장된 바디 다이오드(Body Diode)가 도통하게 되는 것을 방지하기 위한 것이다.

참고로, 도 3에는 입력측 스위칭부(320)의 각각의 스위칭 소자에 입력측 바디 다이오드가 연결된 것으로 도시되었지만, 이는 설명의 편의 상 도시한 것이고, 실제로는 입력측 바디 다이오드는 스위칭 소자에 내장되어 있다. 또한, 출력측 스위칭부(360)의 각 스위칭 소자가 출력측 쇼트기 다이오드가 병렬로 연결된 것으로 도시되어 있는데, 각 스위칭 소자는 입력측 스위칭부(320)의 스위칭 소자와 같이 내부에 출력측 바디 다이오드를 내장하며, 후술하는 바와 같이 역회복 시간을 줄이기 위해 병렬로 쇼트키 다이오드가 연결되는 것이다.

스위칭 소자로서 사용하는 MOSFET의 바디 다이오드는 전술한 바와 같이 통상적인 다이오드 스위칭 소자보다는 역 도통 손실이 작지만 역 회복 시간이 길어서 그로 인한 정류 손실은 간과하기 어려운 손실임에 틀림이 없다. 한편, 쇼트키 다이오드는 도통 시에 순방향 전압 강하가 MOSFET의 바디 다이오드의 순방향 전압 강하보다 적다.

따라서, 본 발명의 바람직한 실시예에서와 같이 스위칭 소자인 MOSFET과 병렬로 쇼트키 다이오드를 연결하면 MOSFET이 턴오프될 때 변압기(140)의 이차측 전류는 MOSFET의 바디 다이오드를 통하지 않고 쇼트키 다이오드를 통해 흐르게 된다. 그런데 쇼트키 다이오드는 역 회복 시간이 거의 영에 가까우므로 정류 손실을 크게 줄일 수 있다.

출력측 캐패시터(370)는 출력측 스위칭부(370)의 출력 전압을 평활하게 하는 필터링 역할을 수행하여 필터링된 전압을 출력단(380)으로 전달한다. 도 3에서는 캐패시터(Co)를 연결하였지만 이에 한정되는 것은 아니다.

출력단(380)은 부하와 연결되어 부하 전압을 출력한다. 도 3에서는 저항(Ro)을 연결하였지만 이에 한정되는 것은 아니다.

한편, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 동기 정류형 직렬 공진 컨버터는 전술한 바와 같이 게이트 구동 회로부(350)를 포함한다.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 게이트 구동 회로부를 간략하게 나타낸 회로도이다.

도 4에 도시한 바와 같이 게이트 구동 회로부(350)는 동기 정류형 직렬공진 컨버터의 변압기(340)의 이차측 권선과 출력측 스위칭부(360)의 4 개의 스위칭 소자(Q11, Q12, Q13, Q14)의 게이트 및 소스와 연결되어 있으며 각각의 스위칭 소자의 동작을 제어하는 역할을 수행한다.

본 발명의 바람직한 실시예에 따른 게이트 구동 회로부(350)는 변류기(CT: Current Transformer, 410), 데드 타임 제너레이터(Rdg: 420), 브리지 다이오드(Dg1, Dg2, Dg3, Dg4: 430), 비교기(440) 및 게이트 드라이버(Gate Driver: 450)를 포함한다.

변류기(410)의 일차측 권선은 변압기(340)의 이차측 권선에 연결되어 변압기(340)의 이차측 전류(Io)를 변류기(410)의 권선비에 따라 소정의 레벨의 전류로 변환하고, 이차측 권선은 브리지 다이오드(430)의 4개의 다이오드(Dg1, Dg2, Dg3, Dg4), 비교기(440)와 연결되어 변환한 전류를 브리지 다이오드(430)와 비교기(440)로 전달한다. 즉, 변류기(410)는 변압기(340)의 이차측 전류(Io)를 브리지 다이오드(430), 비교기(440)와 게이트 드라이버(450)에서 사용하기에 적합한 레벨의 전류로 변환하여 브리지 다이오드(430)와 비교기(440)로 전달한다.

데드 타임 제너레이터(420)는 저항으로서 변류기(410)의 이차측 권선과 병렬로 연결되어 브리지 다이오드(430)로 전달되는 전압을 감소시켜 변류기(410)의 이차측 전류의 극성에 따라 스스로 턴온 또는 턴오프되는 브리지 다이오드(430)의 각 다이오드(Dg1, Dg2, Dg3, Dg4)의 인입 전압을 조절한다.

즉, 데드 타임 제너레이터(420)의 저항값에 따라 브리지 다이오드(430)로 인입되는 전압이 감소하고 그에 따라 브리지 다이오드(430)의 각 다이오드 들은 더 큰 인입 전압(비교기(440)의 임계전압보다 큰 인입 전압)이 입력되어야 그 극성에 따라 브리지 다이오드(430)의 각 다이오드(Dg1, Dg2, Dg3, Dg4)가 각각 교번적으로 턴온하게 되어 변류기(410)의 이차측에 전류가 흐르게 된다.

따라서, 변압기(340)의 이차측 전류(Io), 즉 변류기(410)의 일차측 전류가 그 절대값이 0으로부터 소정의 레벨이상이 되어야 그 권선비에 따른 변류기(410)의 이차측 전류가 브리지 다이오드(430)의 각 다이오드(Dg1, Dg2, Dg3, Dg4)에 임계전압 이상의 전압을 인가하기 때문에 결과적으로는 출력측 스위칭부(360)의 스위칭 소자 Q11, Q14와 Q12, Q13가 동시에 턴온되는 것을 방지할 수 있다. 즉, Q11, Q14와 Q12, Q13가 동시에 턴오프되는 데드 타임을 생성할 수 있다.

종래의 동기 정류형 직렬 공진 컨버터는 게이트 드라이버(450)에 데드 타임을 생성하는 별도의 복잡한 회로를 내장해야 했지만, 본 발명에서는 변류기 이차측에 저항(Rg)을 병렬로 연결하여 데드 타임 생성의 역할을 담당하게 하여 출력측 스위칭부(360)를 구동하기 위한 게이트 구동 회로 즉, 게이트 구동 회로부(350)의 구성을 간단히 하고 그로 인한 비용 절감의 효과를 이룰 수 있다.

한편, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 데드 타임 제너레이터(420)는 4A에 도시된 바와 같이 변류기(410)와 병렬로 바로 저항(Rdg)를 연결하여 구현될 수도 있지만, 4B에 도시된 바와 같이 브리지 다이오드(430)의 다이오드 Dg3, Dg4와 각각 병렬로 저항 Rdg1(422), Rdg2(424)를 연결하여 구현될 수도 있다.

브리지 다이오드(430)는 4 개의 다이오드가 변류기(410)의 이차측 권선에 연결되는데, 제너 다이오드(Zener Diode)인 Dg1과 Dg3이 변류기(410)의 이차측 권선의 한 부분에 다이오드인 Dg2와 Dg4가 다른 한 부분에 연결된다. 브리지 다이오드(430)는 데드 타임 제너레이터(420)를 지난 전압의 절대값이 비교기(440)의 임계전압 이상이 되면 비교기(440)로 하여금 변류기(410)의 이차측 전류의 극성을 감지함으로써 변압기(340)의 이차측 전류(Io)의 극성을 판단하게 한다.

즉, 브리지 다이오드(430)는 인입 전압이 비교기(440) 임계전압 이상인 경우 그 인입 전압의 극성이 양(+)이면 Q11, Q14가 턴온되고 음(-)이면 Q12, Q13이 턴온되도록 하여 비교기(440)가 동작하게 한다.

비교기(440)는 브리지 다이오드(430)의 각 다이오드(Dg1, Dg2, Dg3, Dg4)와 연결되고 게이트 드라이버(450)와 연결되어 이차측 전류의 극성을 감지하여 그 극성에 따라 게이트 드라이버(450)로 구동신호를 전달한다.

즉, 비교기(440)는 변류기(410)의 이차측 전류의 극성을 감지하여 그 극성이 양(+)인 경우에는 출력측 스위칭부(360)의 스위칭 소자(Q11, Q14)를 턴온하기 위해 Q11 게이트 드라이버(452)와 Q14 게이트 드라이버(458)로 구동 신호를 동시에 전달하고, 음(-)인 경우에는 제 1 출력측 스위칭부(360)의 스위칭 소자(Q12, Q13)를 턴온하기 위해 Q12 게이트 드라이버(454)와 Q13 게이트 드라이버(456)로 구동 신호를 동시에 전달한다.

게이트 드라이버(450)는 Q11 게이트 드라이버(452), Q12 게이트 드라이버(454), Q13 게이트 드라이버(456) 및 Q14 게이트 드라이버(458)를 포함하고, 각 게이트 드라이버(452, 454, 456, 458)는 비교기(440)와 연결되고, 각 게이트 드라이버, Q11 게이트 드라이버(452), Q12 게이트 드라이버(454), Q13 게이트 드라이버(456) 및 Q14 게이트 드라이버(458)는 각각 출력측 스위칭부(360)의 스위칭 소자, Q11, Q12, Q13, Q14 각각의 게이트(Gate)에 연결되어, 비교기(440)로부터 구동신호를 수신하여 그 구동 신호에 따라 전술한 바와 같이 출력측 스위칭부(360)의 각 스위칭 소자(Q11, Q12, Q13, Q14)를 턴온 또는 턴오프한다.

이를 위해 각 게이트 드라이버(452, 454, 456, 458)는 비교기(440)로부터 수신한 작은 구동신호로 큰 게이트 구동 전류를 공급할 수 있도록 증폭기(Amplifier)를 포함하고, 스위칭 소자인 Q11, Q12를 절연하고, Q13, Q14의 경우에는 소스(Source) 전압이 제어회로의 접지와 다를 경우에 구동신호를 절연하기 위한 절연기(Isolator)를 포함한다. 종래의 게이트 드라이버(450)는 데드 타임을 생성하기 위한 별도의 데드 타임 제너레이터를 구비해야 하지만 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 게이트 드라이버(450)는 별도의 데드 타임 생성을 위한 장치를 구비할 필요가 없이 데드 타임 제너레이터(420)에 의해 데드 타임을 생성하는 것은 전술한 바와 같다.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 동기 정류형 직렬 공진 컨버터의 동작 파형을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 도 3에 도시된 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 동기 정류형 직렬 공진 컨버터의 회로의 주요 부분에 출력되는 전압 및 전류를 나타낸 것으로, 이하에서는 설명의 편의를 위해, 도 5와 같이, 입력 전원(310)이 Vdc의 전압을 출력한다고 가정하고, 입력측 스위칭부(320)의 스위칭 소자 Q1, Q2, Q3, Q4의 게이트-소스(Gate-Source) 전압을 각각 Vq1, Vq2, Vq3, Vq4, Q3의 드레인(Drain)-소스 전압을 Vds3, Q4의 드레인-소스 전압을 Vds4, LC 공진 회로부(330)의 출력 전압을 공진 전압(Vr), 출력 전류를 공진 전류(Ir), 변압기(340)의 이차측 전압을 Vtx, 전류를 Io, 출력측 스위칭부(360)의 스위칭 소자 Q11, Q12, Q13, Q14의 게이트-소스 전압을 각각 Vq11, Vq12, Vq13, Vq14, 출력측 스위칭부(360)의 출력 전압을 Vo라고 가정한다.

도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 동기 정류형 직렬 공진 컨버터의 동작 파형을 나타낸 도면이다.

이하, 도 5 및 도 6을 통해 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 동기 정류형 직렬 공진 컨버터의 주요 부분에서의 출력 파형을 통해 동기 정류형 직렬 공진 컨버터의 동작을 설명하기로 한다.

우선, 도 6에 도시된 바와 같이 입력측 스위칭부(320)와 출력측 스위칭부(360)의 스위칭 시점을 기준으로 t0에서 t12로 구분하기로 한다.

입력 전원 전압 Vdc가 입력측 스위칭부(320)로 인가되어 입력측 스위칭부(320)의 스위칭 소자 Q1, Q4가 턴온됨에 따라 t0 시점까지 Vds3은 Vdc로 Vds4는 0으로 출력된다. t0의 시점에서 공진 전류(Ir)은 양(+)의 값으로 흐르고 있으므로 Q11과 Q14는 턴온되며, Vo는 Vtx의 값이 되어 출력된다. 이때, Q1, Q4가 턴오프되면 Vds3의 값은 하강하기 시작하고 Vds4의 값은 상승하기 시작한다. t1 시점에서 Vds3의 값은 0이 되고, Vds4가 Vdc가 된다.

t1 시점에서 공진 전류(Ir)는 입력측 바디 다이오드 D2와 D3을 통해 흐르게 되고, 이 구간 즉, 공진 전류(Ir)가 입력측 바디 다이오드 D2와 D3을 흐르는 동안 스위칭 소자 Q2와 Q3을 턴온하면 스위칭 손실이 0이 되는 영전압 스위칭(Zero Voltage Switching)이 된다(입력측 바디 다이오드의 도통 전압이 Vdc보다 충분히 작아서 영으로 보는 것임.).

t2 시점에서 Q2와 Q3을 턴온하면, t2 시점에도 공진 전류(Ir)가 양(+)의 값이기 때문에 Q11과 Q14가 여전히 턴온 상태이지만 공진 인덕터(Lr)에 저장된 에너지가 감소하면서 공진 전류(Ir)의 값이 감소하고, 공진 전류(Ir)의 값이 0이 되기 직전에 즉, t3 시점에서 Q11과 Q14는 데드 타임 제너레이터(420)로 인해 턴오프된다. 즉, 데드 타임 제너레이터(420)로 인해 브리지 다이오드(430)로 인가되는 전압이 비교기(440)의 턴온 임계전압보다 작아져서 비교기(440)가 턴오프되고 이에 따라 Q11과 Q14가 턴오프된다. 또한, 이때 변압기(340) 이차측 전류(Io)는 출력측 쇼트키 다이오드 D11와 D14를 통해 흐르게 되어 스위칭 손실이 0이 되는 영전압 스위칭이 된다.

t3 시점에서 Q11과 Q14는 턴오프되고, 공진 전류(Ir)가 점차 감소하여 그 값이 0이된다. 이 시점이 t4 시점으로, 이때까지 변압기 이차측 전류(Io)는 출력측 쇼트키 다이오드 D11와 D14를 통해 흐른다.

t4 시점이 도래하여 공진 전류(Ir)가 그 값이 0이되면 t4 시점부터는 공진 전류(Ir)의 값이 음(-)이 되어 변압기(340) 이차측 전류(Io)는 출력측 스위칭부(360)의 쇼트기 다이오드 D11와 D14를 통해 흐르지 못하게 되고, Vtx가 감소하여 0이 되면 그 때부터는 D12와 D13을 통해 흐르게 된다.

이 구간 즉, 변압기(340) 이차측 전류(Io)가 쇼트기 다이오드 D12와 D13을 통해 흐르는 동안 그 값이(음(-)의 값)이 증가하여 브리지 다이오드(430)에 인입되는 전압이 비교기(440)의 임계전압보다 커지면 출력측 스위칭부(360)의 스위칭 소자 Q12와 Q13이 턴온된다. 이때가 t5 시점이다.

t5 시점에서 출력측 스위칭부(360)의 스위칭 소자 Q12와 Q13이 턴온되면 Vtx는 -Vo 값이 되어 출력되고, 이 값을 유지하는 동안 t6 시점에서 입력측 스위칭부(320)의 스위칭 소자 Q2, Q3이 턴오프되면 이때의 공진 전류(Ir)는 그 값이 음(-)이기 때문에 Vds3은 증가하고 Vds4는 감소하여 t7 시점에서 Vds3은 Vdc가 되고 Vds4는 0이 된다.

t7 시점에서 부터 공진 전류(Ir)는 입력측 바디 다이오드 D1와 D4를 통해 흐르게 되고 이 구간 중에 입력측 스위칭부(320) Q1과 Q4를 턴온하게 되면 영전압 스위칭이 가능하게 된다. 입력측 스위칭부(320) Q1과 Q4이 턴온되는 시점이 t8 시점이다.

t5 시점에서 t6, t7, t8, t9 시점까지 Vtx는 공진 전류(Ir)의 값이 음(-)이기 때문에 -Vo 값으로 출력되고, 공진 전류(Ir)의 값이 양(+)이 되면 + Vo 값을 출력하게 된다. 그 전에 공진 전류(Ir)가 음(-)의 값에서 0에 가까워지면(t9에서 t10) 데드타임 제너레이터(420)에 의해 출력측 스위칭부(360)의 스위칭 소자 Q12, Q13은 턴오프되고, 공진 전류(Ir)가 0에서 양(+)의 값으로 상승하면 그때부터 Vtx가 상승하여 + Vo가 되면 그때부터 D11과 D14가 도통한다. 공진전류가 일정 이상의 값이 되면 비교기(440)에 의해 출력측 스위칭부(360)의 스위칭 소자 Q11과 Q14가 턴온된다. 이때가 t11 시점이고, 이 시점부터 Vtx는 + Vo 값을 출력한다.

Vtx가 + Vo를 출력하는 도중에 t12 시점에서 입력측 스위칭부(320)의 스위칭 소자 Q1과 Q4를 턴오프하게 되고 이 후에 과정은 전술한 과정을 반복하게 된다. 따라서, 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.

이하에서는 도 7을 통해 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 동기 정류형 직렬 공진 컨버터에서 무부하 특성을 제어하기 위한 간헐 모드 제어 방법에 대해 설명하기로 한다.

도 1을 통해 설명한 SRC의 가장 일반적인 제어 방법은 앞에서 언급한 대로 주파수 변조 방식(PFM: Pulse Frequency Modulation, 이하 'PFM'이라 칭함))이다. 그러나 SRC를 PFM으로 제어하면 앞에서 언급한 대로 무부하에서는 제어가 불가능해진다. 물론 주파수를 필요한 데까지 상승시키면 동작 가능한 전류의 범위가 넓어지겠지만 스위칭 전원 장치(SMPS: Switch Mode Power Supply)인 스위칭 소자(120)에서 스위칭 주파수를 무한정 증가시킨다는 것은 실제로 구현하기가 매우 힘들고 제작 단가 또한 많이 증가하여 사실상 구현은 불가능하다고 할 수 있다. 이를 해결하기 위해 본 발명에서는 간헐 모드란 방법을 채택하여 사용한다.

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 간헐 모드의 동작 방법을 설명하기 위한 도면이다.

본 발명의 바람직한 실시예에 따른 주파수 제어 방법은 기본적으로는 PFM이지만, 무부하에서의 제어를 가능하도록 하기 위해서 간헐 모드(Intermittence Mode 또는 Hiccup Mode)라는 개념을 도입하였다.

간헐 모드란 스위칭 소자의 턴온 시간이나 턴온 주기를 변경하여 스위칭 소자를 연속적으로 동작시키는 것이 아니라 전체 구간을 동작하는 구간과 동작하지 않는 구간으로 구분하여 동작시키는 것을 말한다. 예를 들어 동작 가능한 최대 주파수에서 출력 전류가 최대 전류의 20 %라고 하면 동작 전류 10 %의 구현을 위해서 20%의 동작 전류로 전체 시간의 50 % 동안 동작하고 나머지 50 % 동안은 동작을 멈추는 것이다. 즉, 스위칭 주파수가 동일한 경우 스위칭 소자의 턴온 시간, 턴오프 시간 및 턴온 주기 중 어느 하나 이상을 전체 동작의 50 %만을 동작시키는 것을 말한다.

이처럼, 직렬 공진 컨버터를 간헐 모드로 제어할 경우 도 2를 통해 설명한 LLC SRC와 LCC SRC의 병렬 부품(Lp와 Cp)으로 흐르던 무효 전력을 영으로 하여 그로 인해 발생하는 도통 손실을 줄일 수 있어서 변환 효율을 개선할 수 있으며, 또한 트랜스포머의 크기를 줄일 수 있어 제작 단가를 줄일 수 있게 된다.

이러한 간헐 모드는 다양한 방법으로 구현 가능한데, 이는 도 7에 도시한 바와 같다. 7A는 일정 주기(Constant Period) 방식을 나타낸 것이다. 일정 주기 방식은 입력측 스위칭부(320)의 스위칭 소자(Q1, Q2, Q3, Q4)의 턴온 주기를 일정하게 두고 턴온 시간과 턴오프 시간의 비율만을 변경하는 방식이다.

7B는 일정 동작 시간(Constant On Time) 방식을 나타낸 것이다. 일정 동작 시간 방식은 입력측 스위칭부(320)의 스위칭 소자(Q1, Q2, Q3, Q4)의 턴온 주기와 턴온 시간을 일정하게 두고 턴오프 시간을 변경하는 방식이다.

7C는 일정 정지 시간(Constant Off Time) 방식을 나타낸 것이다. 일정 정지 시간 방식은 입력측 스위칭부(320)의 스위칭 소자(Q1, Q2, Q3, Q4)의 턴온 주기와 턴오프 시간을 일정하게 두고 턴온 시간을 변경하는 방식이다.

7D는 가변 주파수/시간 방식(Variable Period/Time) 방식을 나타낸 것이다. 가변 주파수/시간 방식은 입력측 스위칭부(320)의 스위칭 소자(Q1, Q2, Q3, Q4)의 턴온 주기, 턴온 시간, 턴오프 시간을 모두 변경하는 방식이다.

본 발명의 바람직한 실시예에 따른 간헐 모드 제어 방식은 입력측 스위칭부(320)의 스위칭 소자(Q1, Q2, Q3, Q4)를 전술한 일정 주기 방식, 일정 동작 시간 방식, 일정 정지 시간 방식, 가변 주파수/시간 방식 등을 이용하여 턴온 및 턴오프를 시킴으로써 LC 공진 회로부(330)에 인입되는 전류를 0에 가까운 전류가 되도록 제어하여 무부하 또는 경부하 특성을 제어하는 것으로, 도 3 내지 도 6을 통해 설명한 동기 정류형 직렬 공진 컨버터에 한정되어 사용하는 것이 아니라 통상적인 SRC에서 사용되어 무부하 특성을 제어할 수 있다.

이상 설명한 바와 같이 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 동기 정류형 직렬 공진 컨버터는 영 전압 스위칭에 따른 손실을 줄이기 위한 데드 타임을 간편하게 구현할 수 있고, 그로 인해 발생하는 역 회복 손실을 효율적으로 줄일 수 있어 변환 효율을 극대화할 수 있으며, 간헐 모드 제어를 통해 무부하 상태 또는 경부하 상태의 출력을 제어할 수 있다.

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

발명의 효과

이상에서 설명한 바와 같이 본 발명에 의하면, 스위칭 소자의 간편한 조작으로 간헐 모드 제어 방식을 구현함으로써 종래에 제안된 SRC가 무부하 특성을 제어할 수 없거나 이를 위해 복잡한 장치를 구성해야 하기 때문에 장치 구성이 복잡해 지고 비싸지는 단점을 해소하여 간편한 방식과 간소한 구성으로 무부하 특성을 제어할 수 있다.

또한, 영 전압 스위칭을 위해 스위칭 소자를 구동하기 위한 게이트 구동 회로에 복잡한 별도의 데드 타임 생성을 위한 회로를 내장하지 않고 간단한 저항을 추가함으로써 데드 타임을 생성할 수 있다. 이로 인해 영 전압 스위칭 시에 발생할 수 있는 스위칭 손실을 간편하게 줄일 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

입력 직류 전압을 상기 입력 직류 전압과 다른 레벨을 갖는 출력 직류 전압으로 변환하는 직렬 공진 컨버터(SRC: Series Resonant Converter)에 있어서,

상기 입력 직류 전압을 공급하는 입력 전원;

상기 입력 전원과 연결되어 입력측 스위칭 소자를 스위칭(Switching)하여 상기 입력 직류 전압을 교류 전압으로 변환하는 입력측 스위칭부;

상기 입력측 스위칭부와 연결되어 LC 공진 현상을 이용하여 공진 인덕터(Ir: Resonance Inductor)와 공진 캐패시터(Cr: Resonance Capacitor)에 에너지를 저장하였다가 출력으로 공진 전압을 전달하는 LC 공진 회로부;

일차측 권선이 상기 LC 공진 회로부와 연결되어 상기 공진 전압을 권선비에 따라 소정의 레벨의 전압으로 변환하여 이차측 전압을 생성하고 이차측 권선을 통해 전달하는 변압기(Transformer);

상기 변압기의 상기 이차측 권선에 연결되어 출력측 스위칭 소자를 스위칭하여 상기 이차측 전압을 상기 출력 직류 전압으로 변환하는 출력측 스위칭부; 및

상기 변압기의 상기 이차측 권선에 연결되고, 상기 출력측 스위칭부에 연결되어 상기 이차측 권선에 흐르는 이차측 전류의 극성을 감지하고, 데드 타임(Dead Time)을 생성하여 상기 극성에 따라 상기 출력측 스위칭부의 상기 출력측 스위칭 소자를 구동하는 구동 신호를 생성한 후 상기 출력측 스위칭 소자의 턴온 및 턴오프를 제어하는 게이트 구동 회로부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 동기 정류형 직렬 공진 컨버터는,

상기 출력측 스위칭부와 연결되어 상기 출력 직류 전압을 필터링(Filtering)하여 필터링 전압을 전달하는 출력측 캐패시터; 및

상기 출력측 캐패시터와 연결되어 상기 필터링 전압을 출력하는 출력단

을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 입력측 스위칭부는 풀브리지 형태로 연결된 4 개의 상기 입력측 스위칭 소자와 상기 입력측 스위칭 소자 각각에 내장된 입력측 바디 다이오드(Schottky Diode)를 포함하되, 상기 4 개의 입력측 스위칭 소자 중에 상기 풀브리지 형태에서 대각선으로 배열된 2 개의 입력측 스위칭 소자를 각각 한 쌍의 스위칭 소자로 하여 상기 한 쌍의 스위칭 소자를 교번적으로 스위칭함으로써 상기 입력 직류 전압을 상기 교류 전압으로 변환하는 것을 특징으로 하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터.

청구항 4.

제 3 항에 있어서,

상기 입력측 바디 다이오드는 상기 4 개의 입력측 스위칭 소자가 턴오프된 때에 상기 동기 정류형 직렬 공진 컨버터 내에 충전된 전류를 흐르게 하여 역 회복 시간을 단축하는 것을 특징으로 하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터.

청구항 5.

제 3 항에 있어서,

상기 입력측 스위칭부는 상기 4 개의 입력측 스위칭 소자를 턴온 및 턴오프하는 구동 회로를 포함하되, 상기 구동 회로는 간헐 모드로 상기 4 개의 입력측 스위칭 소자를 턴온 및 턴오프하여 상기 LC 공진 회로부에 인입되는 전류를 0에 가까운 전류가 되도록 제어함으로써 무부하 상태 또는 경부하 상태의 출력을 제어하는 것을 특징으로 하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터.

청구항 6.

제 5 항에 있어서,

상기 간헐 모드는 상기 4 개의 입력측 스위칭 소자의 전체의 턴온 시간, 턴오프 시간 및 턴온 주기 중 어느 하나 이상을 변경하여 상기 4 개의 입력측 스위칭 소자를 동작시키는 스위칭 방법으로서, 상기 4 개의 입력측 스위칭 소자의 턴온 주기를 일정하게 두고 턴온 시간과 턴오프 시간의 비율만을 변경하는 일정 주기(Constant Period) 방식; 상기 4 개의 입력측 스위칭 소자의 턴온 주기와 턴온 시간을 일정하게 두고 턴오프 시간을 변경하는 일정 동작 시간(Constant On Time) 방식; 상기 4 개의 입력측 스위칭 소자의 턴온 주기와 턴오프 시간을 일정하게 두고 턴온 시간을 변경하는 일정 정지 시간(Constant Off Time) 방식; 및 상기 4 개의 입력측 스위칭 소자의 턴온 주기, 턴온 시간, 턴오프 시간을 모두 변경하는 가변 주파수/시간 방식 중 어느 하나 이상의 방식을 포함하는 것을 특징으로 하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터.

청구항 7.

제 1 항에 있어서, 상기 게이트 구동 회로부는,

일차측 권선이 상기 변압기의 상기 이차측 권선에 연결되어 상기 변압기의 이차측 전류를 상기 이차측 전류와 다른 레벨의 변류기 이차측 전류로 변환하여 이차측 권선으로 전달하는 변류기(Current Transformer);

상기 변류기의 상기 이차측 권선과 병렬로 연결되어 상기 변류기의 이차측 전류를 전압으로 변환하는 저항으로서, 변환된 전압을 전달하여 상기 데드 타임을 생성하는 데드 타임 제너레이터(Dead Time Generator);

상기 데드 타임 제너레이터와 연결되어 상기 변환된 전압이 인가되는 4 개의 다이오드가 풀브리지 형태로 연결된 브리지 다이오드;

상기 브리지 다이오드와 연결되고, 상기 브리지 다이오드가 턴온되어 상기 변류기 이차측 전류가 흐르면 상기 변류기 이차측 전류의 극성을 감지함으로써 상기 변압기의 이차측 전류의 극성을 판단하여 상기 극성에 따라 상기 구동 신호를 생성한 후 전달하는 비교기; 및

상기 비교기와 연결되어 상기 비교기로부터 수신한 상기 구동 신호를 이용하여 상기 출력측 스위칭 소자를 스위칭하는 게이트 드라이버

를 포함하는 것을 특징으로 하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터.

청구항 8.

제 1 항에 있어서, 상기 출력측 스위칭부는,

풀브리지 형태로 연결된 4 개의 상기 출력측 스위칭 소자와 상기 출력측 스위칭 소자 각각에 병렬로 연결된 출력측 쇼트키 다이오드(Schottky Diode)를 포함하되, 상기 4 개의 출력측 스위칭 소자 중에 상기 풀브리지 형태에서 대각선으로 배열된 2 개의 출력측 스위칭 소자를 각각 한 쌍의 스위칭 소자로 하여 상기 한 쌍의 스위칭 소자를 교번적으로 스위칭함으로써 상기 변압기의 상기 이차측 전압을 상기 출력 직류 전압으로 변환하는 것을 특징으로 하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터.

청구항 9.

제 8 항에 있어서,

상기 출력측 쇼트키 다이오드는 상기 4 개의 출력측 스위칭 소자가 턴오프된 때에 상기 동기 정류형 직렬 공진 컨버터 내에 충전된 전류를 흐르게 하여 역 회복 시간을 단축하는 것을 특징으로 하는 동기 정류형 직렬 공진 컨버터.

청구항 10.

스위칭 소자와 LC 공진 회로를 이용하여 입력 직류 전압을 상기 입력 직류 전압과 다른 레벨의 출력 직류 전압으로 변환하는 직렬 공진 컨버터(SRC: Series Resonant Converter)에서 무부하 또는 경부하 상태의 출력을 제어하는 방법에 있어서,

상기 스위칭 소자를 간헐 모드를 이용하여 스위칭(Switching)하여 상기 LC 공진 회로로 인입되는 동작 전류를 0에 가까운 전류가 되도록 상기 무부하 또는 상기 경부하 상태의 출력을 제어하되, 상기 간헐 모드는 상기 스위칭 소자의 턴온 시간, 턴오프 시간 및 턴온 주기 중 어느 하나 이상을 변경하여 상기 스위칭 소자를 동작시키는 스위칭 동작 방법인 것을 특징으로 하는 간헐 모드를 이용한 출력 제어 방법.

청구항 11.

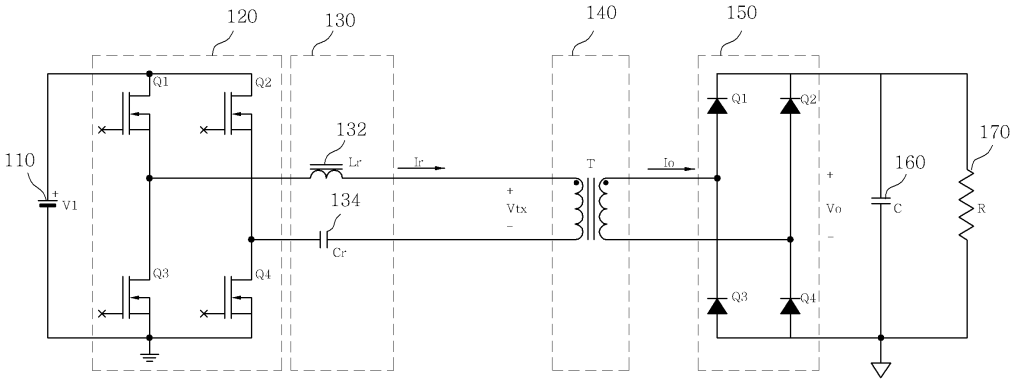
제 10 항에 있어서, 상기 간헐 모드는,

상기 스위칭 소자의 턴온 주기를 일정하게 두고 턴온 시간과 턴오프 시간의 비율만을 변경하는 일정 주기(Constant Period) 방식; 상기 스위칭 소자의 턴온 주기와 턴온 시간을 일정하게 두고 턴오프 시간을 변경하는 일정 동작 시간(Constant On Time) 방식; 상기 스위칭 소자의 턴온 주기와 턴오프 시간을 일정하게 두고 턴온 시간을 변경하는 일정 정지 시간(Constant Off Time) 방식; 및 상기 스위칭 소자의 턴온 주기, 턴온 시간, 턴오프 시간을 모두 변경하는 가변 주파수/시간 방식 중 어느 하나 이상의 방식을 포함하는 것을 특징으로 하는 간헐 모드를 이용한 출력 제어 방법.

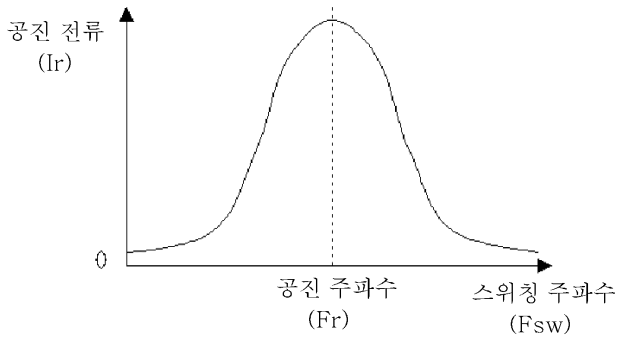
도면

도면1

1 A

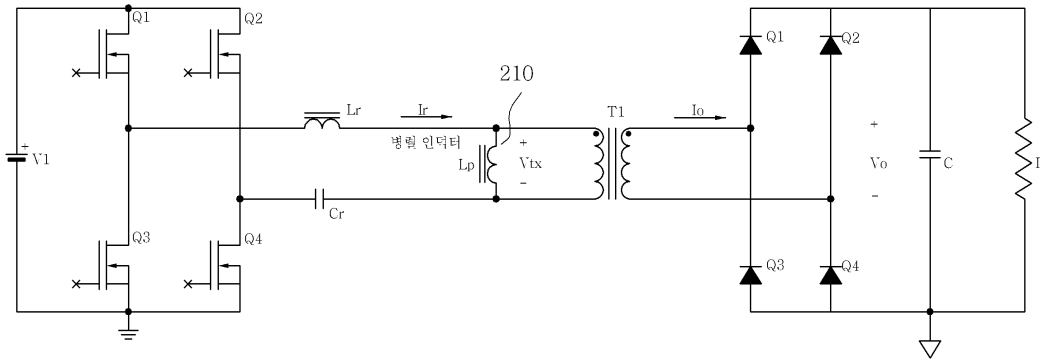

120
130
140
150
110
132
134
160
170
Q1
Q2
Q3
Q4
V1
Lr
Cr
Ir
Io
T
Vtx
Vo
C
R

1 B

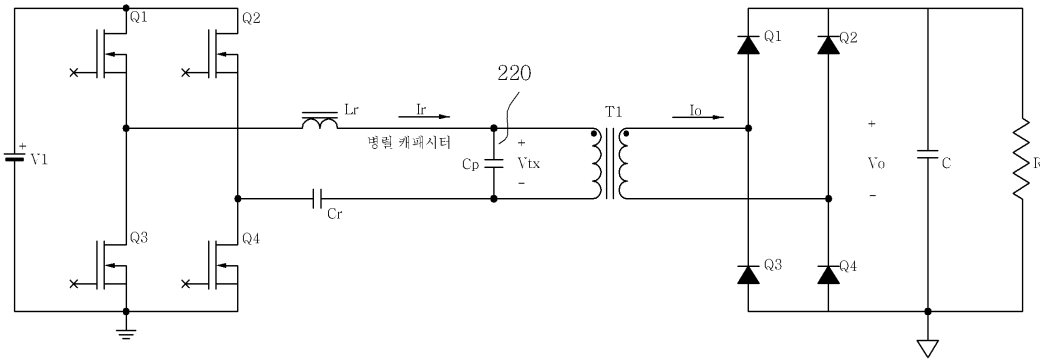

공진 전류
(Ir)
0
공진 주파수
(Fr)
스위칭 주파수
(Fsw)

도면2

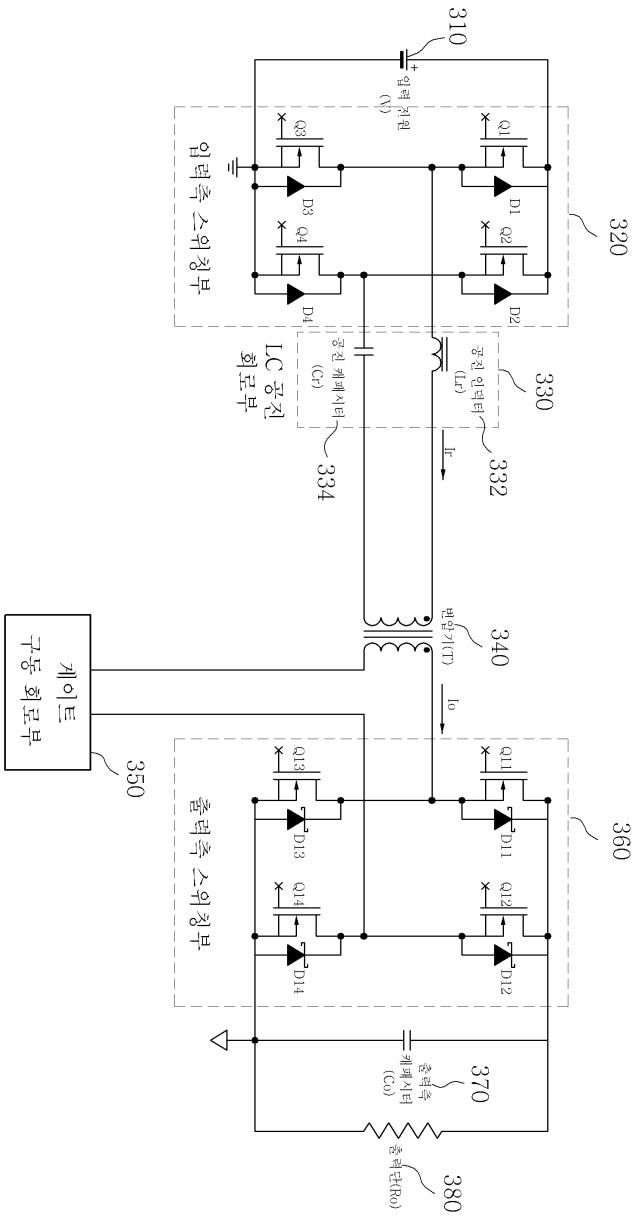
2 A


Q1
Q2
Q3
Q4
V1
Lr
Ir
병렬 인덕터
Lp
Cr
210
Vtx
T1
Io
Vo
C
R

2 B

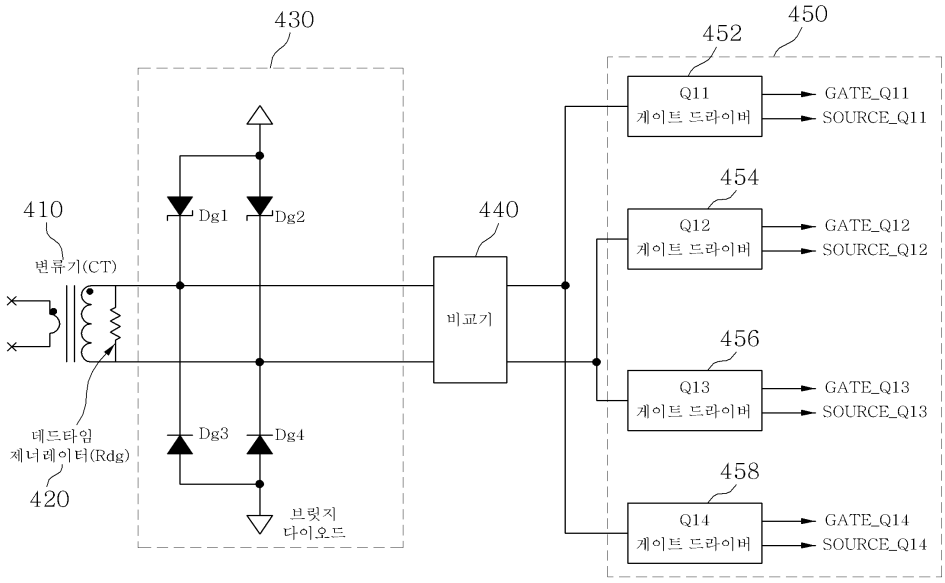

Q1
Q2
Q3
Q4
V1
Lr
Ir
병렬 캐패시터
Cp
Cr
220
Vtx
T1
Io
Vo
C
R

도면3

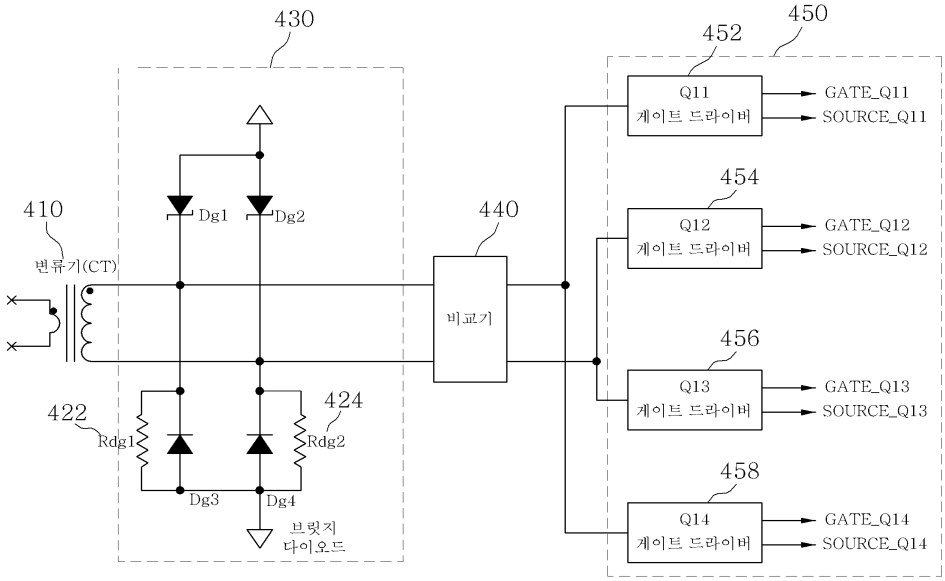

310
입력 전원 (Vi)
320
입력측 스위칭부
Q1
Q2
Q3
Q4
D1
D2
D3
D4
330
LC 공진 회로부
공진 인덕터 (Lr)
332
공진 캐패시터 (Cr)
334
Ir
340
변압기(T)
Io
350
게이트 구동 회로부
360
출력측 스위칭부
Q11
Q12
Q13
Q14
D11
D12
D13
D14
370
출력 캐패시터 (Co)
380
출력단(Ro)

도면4

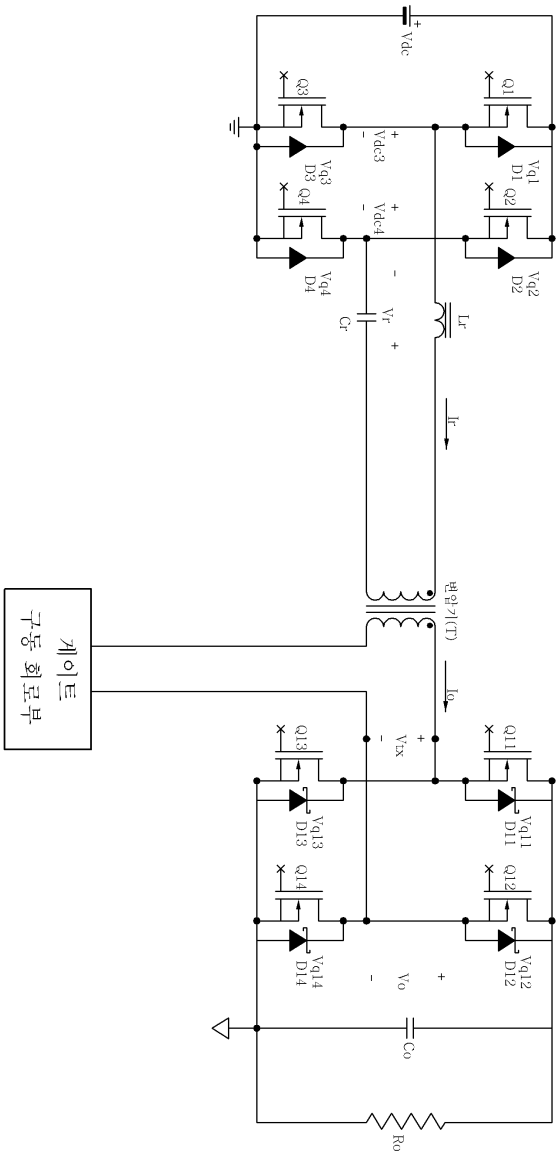
4 A


430
452
450
410
Dg1
Dg2
440
Q11
게이트 드라이버
GATE_Q11
SOURCE_Q11
454
Q12
게이트 드라이버
GATE_Q12
SOURCE_Q12
변류기(CT)
비교기
456
Q13
게이트 드라이버
GATE_Q13
SOURCE_Q13
Dg3
Dg4
458
Q14
게이트 드라이버
GATE_Q14
SOURCE_Q14
420
브릿지
다이오드

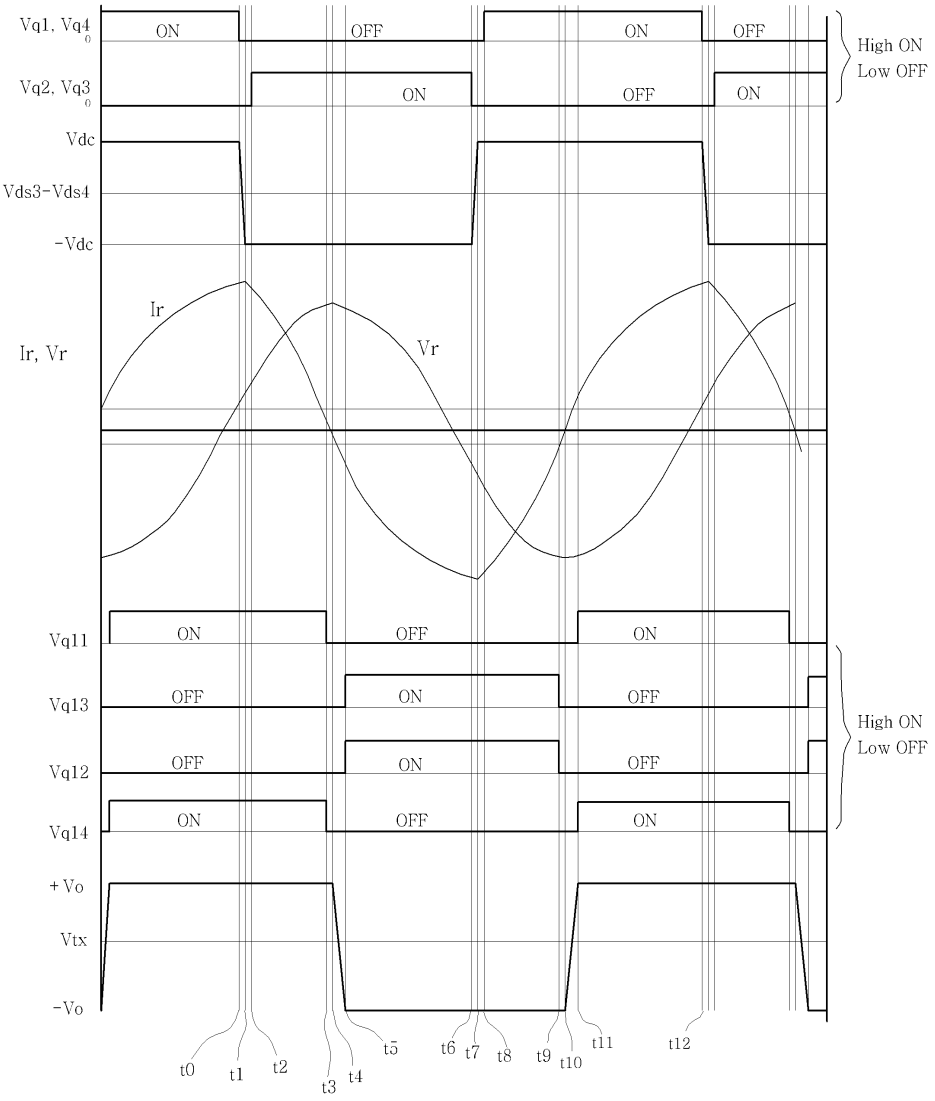
4 B


430
452
450
410
Dg1
Dg2
440
Q11
게이트 드라이버
GATE_Q11
SOURCE_Q11
454
Q12
게이트 드라이버
GATE_Q12
SOURCE_Q12
변류기(CT)
비교기
456
Q13
게이트 드라이버
GATE_Q13
SOURCE_Q13
422
424
Rdg1
Rdg2
458
Q14
게이트 드라이버
GATE_Q14
SOURCE_Q14
Dg3
Dg4
브릿지
다이오드

도면5

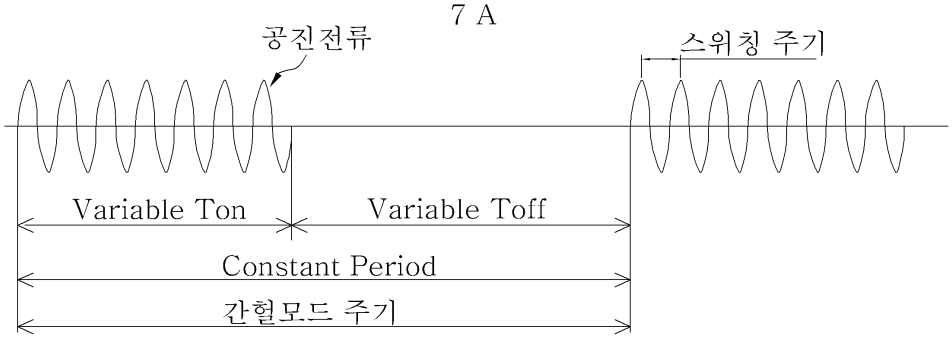

Vdc
Q3
Q1
Vdc3
Vq3
D3
Q4
Vq1
D1
Q2
Vdc4
Vq4
D4
Vq2
D2
Cr
Vr
Lr
Ir
변압기(T)
Io
게이트
구동 회로부
Q13
Q11
Vrx
Vq13
D13
Vq11
D11
Q14
Q12
Vq14
D14
Vq12
D12
Vo
Co
Ro

도면6

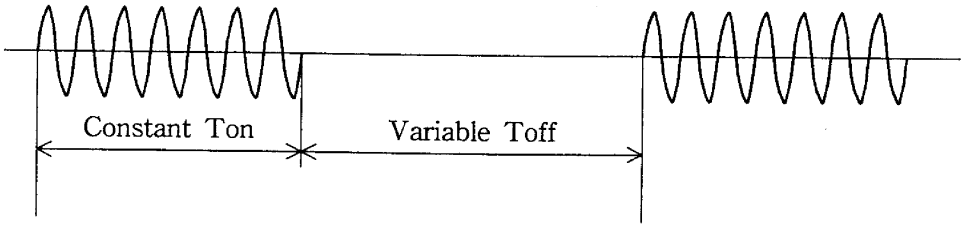

Vq1, Vq4
ON
OFF
ON
OFF
High ON
Low OFF
Vq2, Vq3
ON
OFF
ON
Vdc
Vds3-Vds4
-Vdc
Ir
Ir, Vr
Vr
Vq11
ON
OFF
ON
Vq13
OFF
ON
OFF
High ON
Low OFF
Vq12
OFF
ON
OFF
Vq14
ON
OFF
ON
+Vo
Vtx
-Vo
t0
t1
t2
t3
t4
t5
t6
t7
t8
t9
t10
t11
t12

도면7

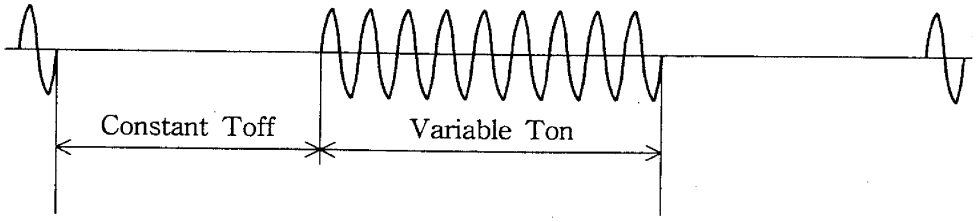
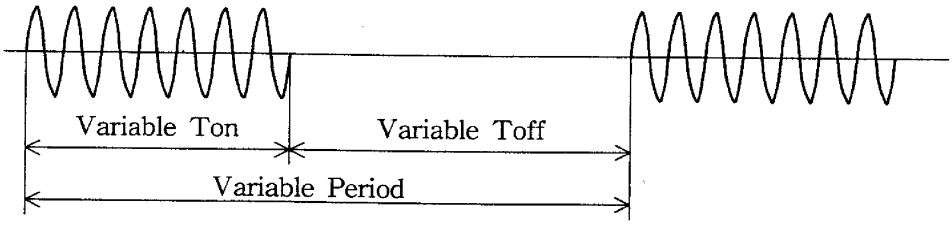
7 A



7 B



7 C



7 D