



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0065801
(43) 공개일자 2012년06월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 3/28 (2006.01) H02M 7/19 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0127109
(22) 출원일자 2010년12월13일
심사청구일자 2010년12월13일

(71) 출원인
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
정세교
경상남도 진주시 가좌안골길21번길 5, 105동
1201호 (가좌동, 제일풍경채아파트)
(74) 대리인
정홍식, 김태현, 이현수

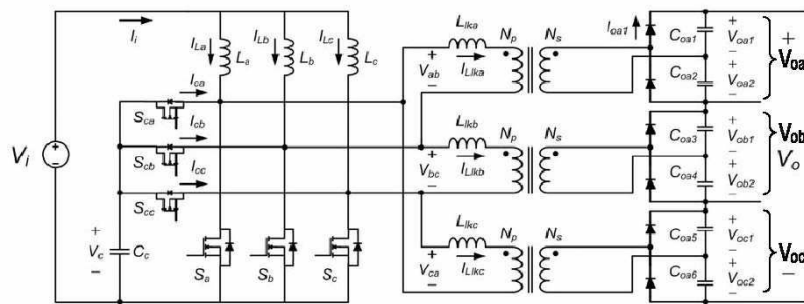
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **승압 전압 컨버터**

(57) 요약

전압 컨버터가 개시된다. 본 발명에 의한 전압 컨버터는, 직류 전압을 제공하는 전압 입력부, 전압 입력부로부터 제공된 직류 전압을 삼상(three-phase)의 전압으로 분리하는 일차측 회로, 일차측 회로로부터 제공되는 삼상의 전압을 승압하는 이차측 회로 및 이차측 회로에 연결되어, 승압된 삼상의 전압을 출력하는 직렬로 연결된 세 개의 전압 체배기를 포함하는 전압 출력부를 포함한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

직류 전압을 제공하는 전압 입력부;

상기 전압 입력부로부터 제공된 상기 직류 전압을 삼상(three-phase) 전압으로 분리하는 일차측 회로;

상기 일차측 회로로부터 제공되는 상기 삼상 전압을 승압하는 이차측 회로; 및

상기 이차측 회로에 연결되어, 승압된 삼상의 전압을 출력하는 직렬로 연결된 세 개의 전압 체배기를 포함하는 전압 출력부;를 포함하는 전압 컨버터.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 일차측 회로는,

상기 전압 입력부의 일단에 병렬로 연결되어, 상기 직류 전압에 의한 직류 전류를 제공받는 세 개의 입력 인덕터;

상기 전압 입력부의 타단에 연결되어 소정의 커패시턴스 전압을 제공하는 클램프 커패시터;

상기 클램프 커패시터의 일단 및 상기 전압 입력부의 상기 타단에 병렬로 연결되어 온/오프에 따라 스위칭 제어 모드를 제공하는 제 1, 2, 3 주 스위치; 및

상기 클램프 커패시터의 타단에 연결되며, 상기 세 개의 입력 인덕터의 타단에 각각 연결되는 제 1, 2, 3 보조 스위치;를 포함하는 것을 특징으로 하는 전압 컨버터.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 일차측 회로는, 제 1, 2, 3 일차 변압부;를 포함하며,

상기 제 1, 2, 3 일차변압부는 각각 제 1, 2, 3 누설 인덕터를 포함하는 것을 특징으로 하는 전압 컨버터.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 이차측 회로는,

제 1, 2, 3 이차변압부; 및

상기 제 1, 2, 3 이차변압부에 연결된 적어도 하나의 정류자;를 포함하는 것을 특징으로 하는 전압 컨버터.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 전압 컨버터는 부스트(boost)/벅(buck) 컨버터인 것을 특징으로 하는 전압 컨버터.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 정류자는 풀-브리지(full-bridge) 다이오드 정류자인 것을 특징으로 하는 전압 컨버터.

청구항 7

제 2 항에 있어서,

상기 제 1, 2, 3 주 스위치의 듀티비가 1/3 내지 2/3인 경우,

상기 제 1 주 스위치가 전체 스위칭의 주기와 상기 듀티비를 곱한 시간 동안 온(on) 되며,

상기 제 1 주 스위치가 온 된 이후, 1/3 주기가 도과하면, 상기 제 2 주 스위치가 상기 주기와 상기 듀티비를 곱한 시간 동안 온 되며,

상기 제 1 주 스위치가 온 된 이후, 2/3 주기가 도과하면, 상기 제 3 주 스위치가 상기 주기와 상기 듀티비를 곱한 시간 동안 온 되며,

상기 제 1 보조 스위치는 상기 제 1 주 스위치가 오프된 시점 이후부터, 다음 주기에서 다시 온 되기 이전 시점까지 온 되며,

상기 제 2 보조 스위치는 상기 제 2 주 스위치가 오프된 시점 이후부터, 다음 주기에서 다시 온 되기 이전 시점까지 온 되며,

상기 제 3 보조 스위치는 상기 제 3 주 스위치가 오프된 시점 이후부터, 다음 주기에서 다시 온 되기 이전 시점까지 온 되는 것을 특징으로 하는 전압 컨버터.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 전압 체배기 각각은 적어도 하나의 충방전 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 전압 컨버터.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 전압 컨버터에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전압 체배기를 포함하는 전압 컨버터에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 고 전압 DC-DC 전력 변환은 상대적으로 낮은 에너지 저장 장치, 즉 낮은 출력 전압(20 내지 50 VDC)을 가지는 연료 전지, 태양 전지 등을 이용하여 380 내지 400 VDC (또는 220 VAC)의 전압을 가지는 고 전압 그리드로 승압하는 과정에서 이용될 수 있다.

[0003] 이러한 전력 변환 과정에 있어서, 상대적으로 높은 입력 전류 및 높은 출력 전압을 제어하는 기술이 요구된다. 또한 상대적으로 높은 입력 전류 및 높은 출력 전압을 다루기 때문에 갈바닉 절연과 같은 절연 구성이 요구되며, 격리된 전류-되먹임 컨버터 등이 이러한 절연 구성으로 구현되었다.

[0004] 듀얼 인덕터 격리 부스트(또는 전류-되먹임 하프-브리지) 컨버터는, 풀-브리지 또는 단일 입력 인덕터를 포함하는 푸쉬-풀 전류-되먹임 컨버터와 비교하여, 입력 인덕터내에서 낮은 실효(rms) 전류를 가진다는 것이 알려져 왔다. 능동 클램핑(clamping) 회로는 격리 전류-되먹임 컨버터에 추가되어 RCD 클램프의 손실(loss)을 감소시키며, 영전압 스위칭의 구현을 가능하게 하였다.

[0005] 능동 클램프를 적용한 삼상(three-phase)의 격리 부스트 컨버터는 고 전력 장치에서 이용되었으며, 전력 레이팅(rating)을 증가하며, 인덕터 실효(rms) 전류 및 입력 전류 리플(ripple)을 감소시키는 효과를 창출할 수 있다.

[0006] 하지만, 이러한 컨버터들은 변압기의 권선비와 제어펄스의 듀티비를 변환 과정에서 이용하게 되며, 높은 승압비를 얻기 위하여 권선비와 제어신호의 듀티비가 함께 증가하여야하므로, 이에 따라서 효율이 저하되는 문제점이 존재하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 직렬로 연결된 전압 체배기를 포함하는 전압 컨버터를 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명의 일 실시 예에 따른 전압 컨버터는 직류 전압을 제공하는 전압 입력부, 상기 전압 입력부로부터 제공된 상기 직류 전압을 삼상(three-phase)의 전압으로 분리하는 일차측 회로, 상기 일차측 회로로부터 제공되는 상기 삼상의 전압을 승압하는 이차측 회로 및 상기 이차측 회로에 연결되어, 승압된 삼상의 전압을 출력하는 직렬로 연결된 세 개의 전압 체배기를 포함하는 전압 출력부를 포함할 수 있다.
- [0009] 또한 본 발명의 일 실시 예에 따른 전압 컨버터의 상기 일차측 회로는, 상기 전압 입력부의 일단에 병렬로 연결되어, 상기 직류 전압에 의한 직류 전류를 제공받는 세 개의 입력 인덕터, 상기 전압 입력부의 타단에 연결되어 소정의 커패시턴스 전압을 제공하는 클램프 커패시터, 상기 클램프 커패시터의 일단 및 상기 전압 입력부의 상기 타단에 병렬로 연결되어 온/오프에 따라 스위칭 제어 모드를 제공하는 제 1, 2, 3 주 스위치 및 상기 클램프 커패시터의 타단에 연결되며, 상기 세 개의 입력 인덕터의 타단에 각각 연결되는 제 1, 2, 3 보조 스위치를 포함할 수 있다.
- [0010] 아울러 본 발명의 일 실시 예에 따른 전압 컨버터의 상기 제 1, 2, 3 일차변압부는 각각 제 1, 2, 3 누설 인덕터를 포함할 수 있다.
- [0011] 또한 본 발명의 일 실시 예에 따른 전압 컨버터의 상기 이차측 회로는, 제 1, 2, 3 이차변압부 및 상기 제 1, 2, 3 이차변압부에 연결된 적어도 하나의 정류자를 포함할 수 있다.
- [0012] 또한 본 발명의 일 실시 예에 따른 전압 컨버터의 상기 삼상 전압에 대한 삼상 파라미터는 서로 동일하며, 각 상의 차이는 120° 일 수 있다.
- [0013] 아울러 본 발명의 일 실시 예에 따른 전압 컨버터의 상기 정류자는 풀-브리지(full-bridge) 다이오드 정류자일 수 있다.
- [0014] 또한 본 발명의 일 실시 예에 따른 전압 컨버터의 상기 제 1, 2, 3 주 스위치의 듀티비가 $1/3$ 내지 $2/3$ 인 경우, 상기 제 1 주 스위치를 전체 스위칭의 주기와 상기 듀티비를 곱한 시간 동안 온(on) 하며, 상기 제 1 주 스위치가 온 된 이후, $1/3$ 주기가 도과하면, 상기 제 2 주 스위치를 상기 주기와 상기 듀티비를 곱한 시간 동안 온 하며, 상기 제 1 주 스위치가 온 된 이후, $2/3$ 주기가 도과하면, 상기 제 3 주 스위치를 상기 주기와 상기 듀티비를 곱한 시간 동안 온 하며, 상기 제 1 보조 스위치는 상기 제 1 주 스위치가 오프된 시점 이후부터, 다음 주기에서 다시 온 되기 이전 시점까지 온 되며, 상기 제 2 보조 스위치는 상기 제 2 주 스위치가 오프된 시점 이후부터, 다음 주기에서 다시 온 되기 이전 시점까지 온 되며, 상기 제 3 보조 스위치는 상기 제 3 주 스위치가 오프된 시점 이후부터, 다음 주기에서 다시 온 되기 이전 시점까지 온 되는 것으로 구성될 수 있다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명의 다양한 실시 예들에 의한 전압 컨버터는 직렬로 구성된 전압 체배기에 의한 출력단을 포함하며, 이에 따라서 상대적으로 낮은 변압기 권선비에서도 높은 출력 전압을 얻을 수 있다. 또한 전력 변환기에 이용되는 전력용 반도체 소자의 스트레스를 감소시킬 수 있으며, 전력 변환 효율을 증가시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 의한 전압 컨버터의 회로도이다.
- 도 2는 듀티비(D)가 $1/3$ 내지 $2/3$ 인 경우의 시간에 대한 전압 및 전류 그래프이다.
- 도 3은 본 발명의 다양한 실시 예에 대한 변압비에 대하여 도시한다.
- 도 4a 내지 4d는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 실험 파형을 나타내는 그래프들이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 효율 및 종래 기술에 따른 효율을 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하에서는 본 발명의 다양한 실시 예들을 첨부된 도면을 참조하여 더욱 상세하게 설명하도록 한다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 의한 전압 컨버터의 회로도이다.
- [0019] 도 1을 참조하면, 전압 컨버터는 입력 전압부(V_i)와, 주 스위치(S_a , S_b , S_c), 보조 스위치(S_{ca} , S_{cb} , S_{cc}),

입력 인덕터(La, Lb, Lc), 변압 누설 인덕터(Llka, Llkb, Llkc) 및 클램프(clamp) 커패시터(Cclamp)를 포함하는 제 1 차측 회로와, 풀-브리지 다이오드 정류자, 세 개의 격리 변압기 및 출력 커패시터(Coa, Cob, Coc)를 포함하는 제 2 차측 회로를 포함할 수 있다.

[0020] 제 1 차측 회로는 삼상(three-phase)의 격리된 부스트 컨버터가 병렬로 연결되어 구현될 수 있다. 또한 여기에서 이용되는 모든 삼상 파라미터는 동일할 수 있으며, 각 상(phase) 간의 차이는 120° 일 수 있다. 또한 전압 컨버터는 정상 상태(steady-state)에서 작동될 수 있다. 여기에서 전압 컨버터는 바람직하게 부스트/벅 컨버터의 연속 접속 형태로 구현될 수 있다.

[0021] 입력 전압부(Vi)는 병렬로써 각각의 입력 인덕터(La, Lb, Lc)에 연결될 수 있다. 입력 인덕터(La,Lb,Lc)는 각각 보조 스위치(Sca,Scb,Scc) 및 누설 인덕터(Llka,Llkb,Llkc)에 연결될 수 있다. 누설 인덕터(Llka,Llkb,Llkc)는 격리된 일차측 변압기 각각에 연결될 수 있다.

[0022] 누설 인덕터(Llka,Llkb,Llkc)는 각각 제 1, 2, 3차 일차 변압부에 연결될 수 있다.

[0023] 출력 전압부(Vo)는 세 개의 전압체배기(Voa,Vob,Voc), 즉 여섯 개의 출력 커패시터(Voa1,Voa2,Vob1,Vob2,Voc1,Voc2)으로 구성될 수 있다.

[0024] 이차측 변압기, 즉 제 1, 2, 3차 이차 변압부는 풀-브리지 다이오드 정류자에 연결될 수 있으며, 풀-브리지 다이오드 정류자는 출력 커패시터(Coa1,Coa2,Cob1,Cob2,Coc1,Coc2)에 연결될 수 있다. 또한 각각의 출력 커패시터(Coa1,Coa2,Cob1,Cob2,Coc1,Coc2)들은 직렬로 연결될 수 있다.

[0025] 예를 들어, 하나의 풀-브리지 다이오드 정류자의 일단은 이차측 변압기 측에 연결될 수 있으며, 풀-브리지 다이오드 정류자의 타단은 출력 커패시터측에 연결될 수 있다. 또한 출력 커패시터의 풀-브리지 다이오드 정류자의 일단에 연결되지 않은 단은 이차측 변압기 측에 연결될 수 있다.

[0026] 부스트 작업은 입력 전압(Vi) 및 클램프 커패시터(Vc) 사이에 수행될 수 있으며, 부스트 작업은 수학적 식 1로 표현될 수 있다.

수학적 식 1

$$\frac{Vc}{Vi} = \frac{1}{1-D}$$

[0027]

[0028] 수학적 식 1에서 D는 주 스위치의 듀티비이다.

[0029] 도 2는 특히 듀티비(D)가 1/3 내지 2/3인 경우의 시간에 대한 전압 및 전류 그래프이다. 각각의 도전 상태에 대한 에너지 전달 및 영전압 스위칭은 더욱 상세하게 후술될 것이다.

[0030] 도 2를 참조하면, 주 스위치(Sa)가 DTs 동안 온(on) 되며, 나머지 (1-D)Ts 동안 오프(off)되는 것을 확인할 수 있다. 주 스위치(Sb)는 주 스위치(Sa)가 온 되기 시작된 이후부터 Ts/3의 시간이 도과한 후에 온 되며 DTs 동안 온 상태를 유지한다. 마찬가지로 주 스위치(Sc)는, 주 스위치(Sa)가 온 되기 시작된 이후부터 2Ts/3의 시간이 도과한 후에 온 되며, DTs 동안 온 상태를 유지한다.

[0031] 제 1 보조 스위치는 상기 제 1 주 스위치가 오프된 시점 이후부터, 다음 주기에서 다시 온 되기 이전 시점까지 온 되며, 제 2 보조 스위치는 제 2 주 스위치가 오프된 시점 이후부터, 다음 주기에서 다시 온 되기 이전 시점까지 온 되며, 제 3 보조 스위치는 제 3 주 스위치가 오프된 시점 이후부터, 다음 주기에서 다시 온 되기 이전 시점까지 온 될수 있다.

[0032] 이하에서는 도 2를 시간 구간별로 더욱 상세하게 설명하도록 한다.

[0033] 1)모드1 (t0 내지 t1)

[0034] 주스위치(Sa)는 t0에서 오프된다. 클램프 커패시터(Cc)는 충전되며, 보조 스위치(Sca)에 인가되는 전압은 영전압 스위칭에 의하여 0으로 제어된다.

[0035] 누설 인덕터(Llka)에 인가되는 전류는 t0에서부터 (Vc-Voa1)/n의 증가율을 가지면서 증가하기 시작한다. 상기 전류는 위상 변압기에 의하여 이차측으로 변압되며, 출력 커패시터(Coa1)을 충전한다.

[0036] 2)모드2 (t1 내지 t2)

[0037] 보조 스위치(Sca)는 t1에서 영전압 스위칭으로 턴온된다. 누설 인덕턴스(Llka)에 인가되는 전류는 주 스위치(Sb)가 t2에서 오프될 때까지 증가한다.

[0038] 3)모드3 (t2 내지 t3)

[0039] 주스위치(Sb)는 t2에서 오프되며, 상의 변압기 입력 전압은 0이된다. 누설 인덕터(Llka)에 인가되는 전류는 -Voal/n의 감소율로 감소하여 0이된다. 에너지 전환은 누설 인덕터(Llka) 내에서 수행된다.

[0040] 4)모드4 (t3 내지 t4)

[0041] 보조 스위치(Sca)가 t3에서 오프된 이후, 누설 인덕터(Llka) 내의 전류 경로는 보조 스위치(Sca)에서 주스위치(Sa)로 변경된다. 주스위치(Sa)의 출력 커패시턴스는 누설 인덕터(Llka)의 전류에 의하여 방전되며, 주스위치(Sa)의 역병렬(anti-parallel) 다이오드가 수행된다. 주스위치(Sa)는 t4에서 영전압 스위칭으로 온된다.

[0042] 이상에서는 1/3 내지 2/3인 듀티 범위에 대한 시간에 따른 스위치 제어와 관련하여 설명하였다면, 이하에서는 전압 변환 비율과 관련하여 더욱 상세하게 설명하도록 한다.

[0043] 도 3은 본 발명의 다양한 실시 예에 대한 변압비에 대하여 도시한다.

[0044] 도 3의 실선은 이상적인 변압비를 나타내는 곡선이며, 일점 쇄선은 누설 인덕터(Llk)가 5μH인 경우의 변압비를 나타내는 곡선, 점선은 누설 인덕터(Llk)가 10μH인 경우의 변압비를 나타내는 곡선, 이점 쇄선은 누설 인덕터(Llk)가 20μH인 경우의 변압비를 나타내는 곡선이다. 여기에서 로드 저항(Ro)은 480Ω, Ts는 20μs, 권선비(n)는 2로 채택하였다.

[0045] 변압비는 Vo/Vc로 표현할 수 있다. 누설 인덕터(Llka)에 인가되는 전류는 도 2에 도시된 바와 같이 불연속일 수 있다. 이 경우 전류는 DcT의 인터벌동안 수학적 2의 기울기를 가지며 증가할 수 있다.

수학적 2

$$\frac{(V_c - V_{oal})/n}{Llka}$$

[0046]

[0047] 또한 전류는 DcT의 인터벌 동안 수학적 3의 기울기를 가지며 감소한다.

수학적 3

$$\frac{(-V_{oal}/n)}{Llka}$$

[0048]

[0049] 유효 듀티비(Dc)는 주스위치의 듀티비의 범위에 의존하여 변경될 수 있다.

[0050] 변압비는, 변압기 누설 인덕터에 대한 volt x sec 균형을 이용하여 수학적 4과 같이 표현할 수 있다.

수학적 4

$$\frac{V_o}{V_c} = 6 \frac{V_{oal}}{V_c} = \frac{6n^2 Dc}{Dc + \sqrt{Dc^2 + 12n^2 \alpha}}$$

[0051]

[0052] 수학적 4에서, n은 권선비로 Ns(이차측 권선수)/Np(일차측 권선수)이며, α는 누설 인덕터의 인덕턴스(Llka)를 Ro와 Ts의 곱으로 나눈 것이며, Ro는 로드 저항이다.

[0053] 전체 변압기의 변압비는 수학적 식 5로 표현될 수 있다.

수학적 식 5

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{6n}{1-D} \frac{2Dc}{Dc + \sqrt{Dc^2 + 12n^2 + \alpha}}$$

[0054]

[0055] 수학적 식 5에 의하여, 전체 변압기의 변압비를 얻을 수 있으며, 이에 따라 도 3에 도시된 다양한 실시 예에 따른 변압비 곡선이 생성될 수 있다.

[0056] 이하에서는, 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 복수의 실험 결과를 설명하면서, 본 발명에 의한 변압기의 성능에 대하여 살펴보고자 한다.

[0057] 도 4a 내지 4d는 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 실험 파형을 나타내는 그래프들이다.

[0058] 본 발명의 일 실시 예에 따른 컨버터의 프로토타입에 대하여 설명하도록 한다. 본 실시 예의 입/출력 전압은 각각 24V/480V일 수 있다. 또한 권선비는 2, $f_s(1/T_s)$ 는 50kHz로 설정될 수 있다. 아울러, $L_a=L_b=L_c$ 는 150 μ H, $L_{lka}=L_{lkb}=L_{lkc}$ 는 10 μ H로 설정될 수 있다. 로드 저항은 900 Ω 이다.

[0059] 도 4a는 주스위치(S_a) 및 보조 스위치(S_{ca})에 대한 PWM 펄스와 입, 출력 전압을 도시한다.

[0060] 도 4b는 주스위치(S_a, S_b)의 게이트 전압, 변압기 입력 전압(V_{ab}), 및 누설 인덕터 전류(i_{lka})를 도시한다.

[0061] 도 4c는 입력 및 인덕터 전류 파형을 도시한다. 도 4c에 도시된 바와 같이, 입력 전류 리플은 인터리브 작업에 의하여 현격하게 감소할 수 있다.

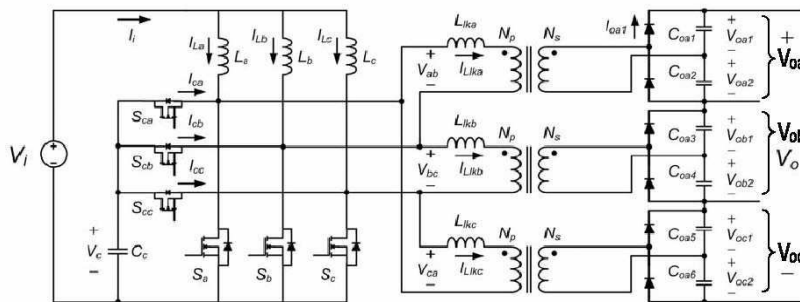
[0062] 도 4d는 주스위치(S_a)의 순간적인 스위칭을 도시하며, 영전압 스위칭이 성공적으로 수행됨을 알 수 있다.

[0063] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 효율 및 종래 기술에 따른 효율을 비교한 그래프이며, 본 발명에 의한 컨버터가 종래 기술보다 높은 94.4%의 효율을 가지는 것을 확인할 수 있다.

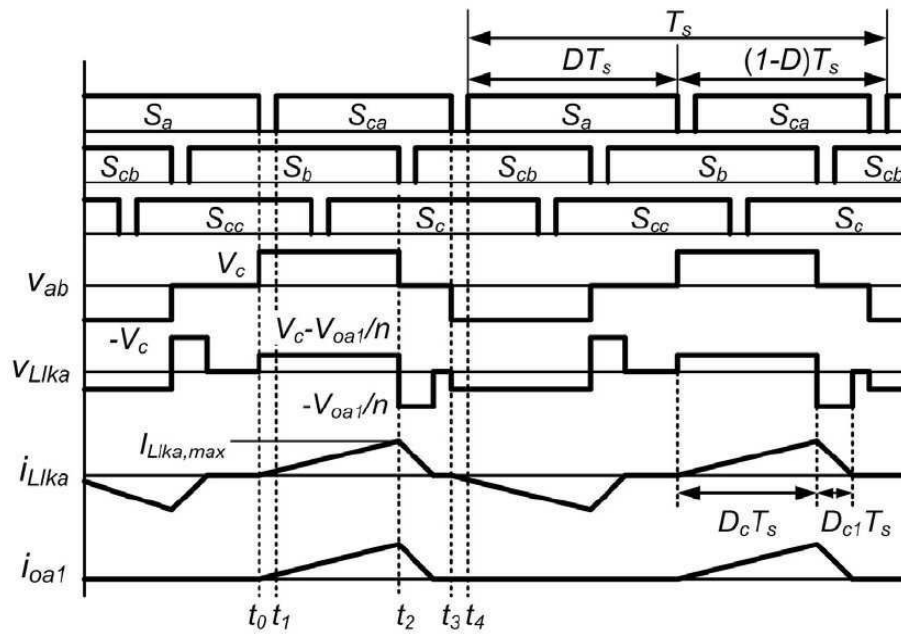
[0064] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면, 누구든지 본 발명의 기술적 사상 및 범위를 벗어나지 않는 범주 내에서 본 발명의 바람직한 실시 예를 다양하게 변경할 수 있음은 물론이다. 따라서 본 발명은 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어나지 않는다면 다양한 변형 실시가 가능할 것이며, 이러한 변형 실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전방으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안될 것이다.

도면

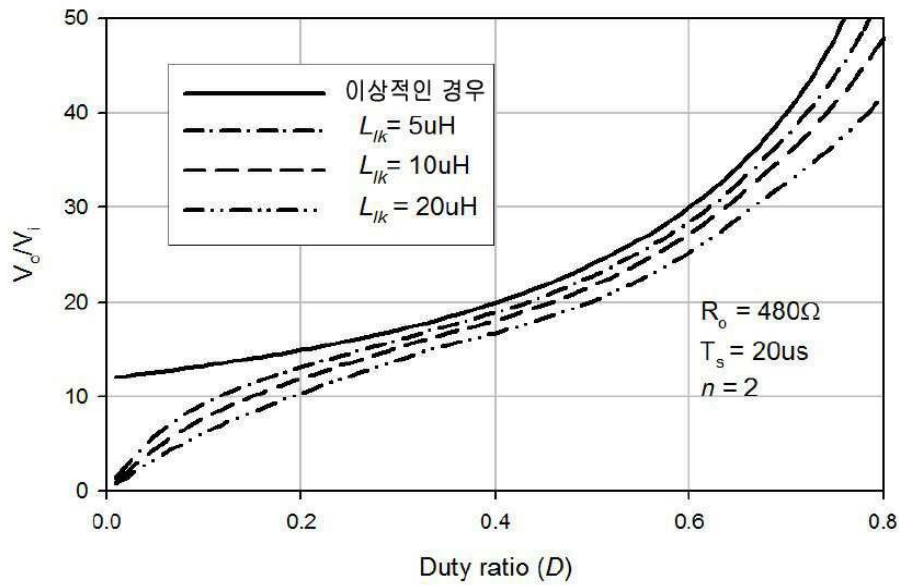
도면1



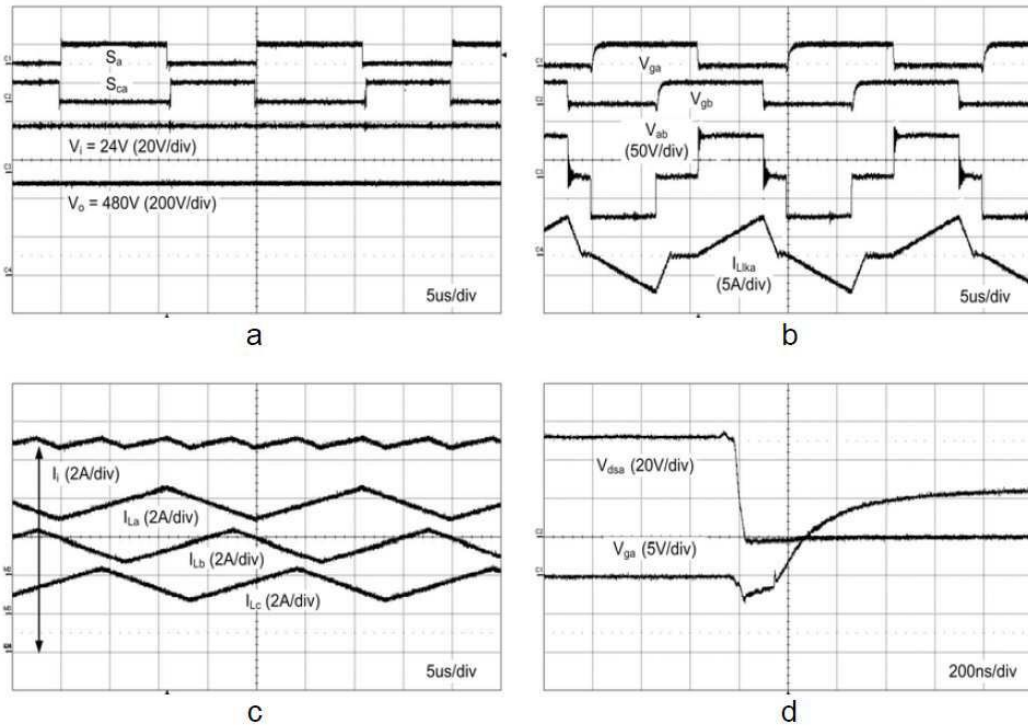
도면2



도면3



도면4



도면5

